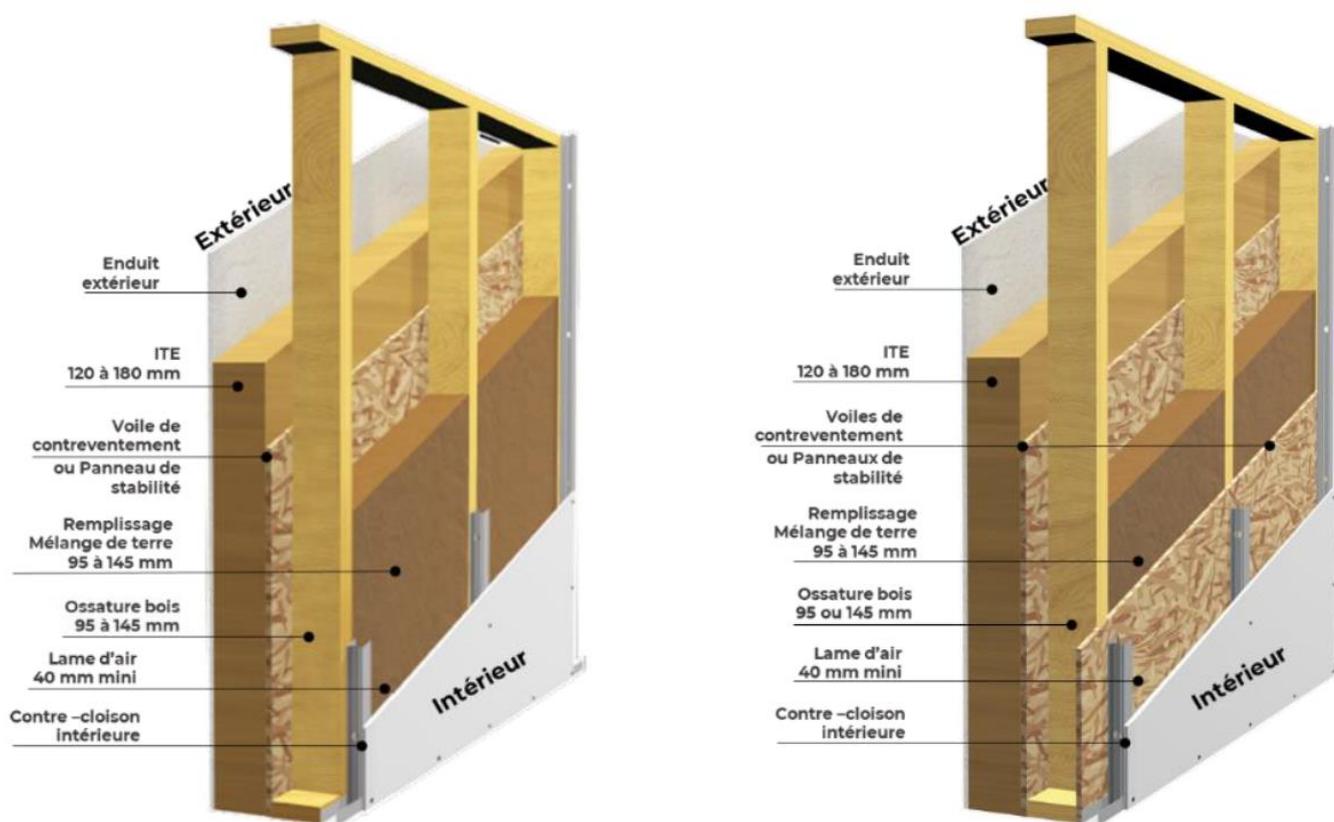


APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3277_V1

ATEx de cas a

Validité du 01/12/2023 au 31/12/2025



Copyright : SAINT GOBAIN DISTRIBUTION BATIMENT FRANCE

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. (extrait de l'art. 24)

A LA DEMANDE DE :

POINT P SAS

12 place de l'IRIS, TOUR SAINT GOBAIN FR – 92400 COURBEVOIE

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne – 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 – Siret 775 688 229 00027 – www.cstb.fr

Établissement public à caractère industriel et commercial – RCS Meaux 775 688 229 – TVA FR 70 775 688 229

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3277_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de remplissage intégral hors site de COB/FOB par un mélange à base de terre.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 01/12/2023, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- Demandeur : POINT P SAS
- Technique objet de l'expérimentation : TERLIAN MUR PREFABOIS est un procédé de remplissage intégral d'éléments de murs à ossature bois porteurs (COB) ou non (FOB) réalisé en usine avec un mélange de terre, de granulats recyclés, de liant, de fibres végétales et d'eau, d'épaisseur 95 à 145 mm correspondant aux largeurs des montants bois. Le procédé n'a pas de fonction structurale, il contribue à la performance thermique de l'ouvrage par son apport inertiel notamment vis-à-vis du confort d'été et sa contribution à la régulation hygrothermique du local.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3277_V1 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au **31 décembre 2025**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulés aux §4.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages et/ou sécurité des équipements

Le procédé ne participe pas à la stabilité d'ensemble du bâtiment qui incombe à la structure porteuse en ossature bois suivant la norme NF DTU 31.2. Cependant, il convient de tenir compte dans l'analyse globale du bâtiment, notamment pour la détermination des efforts de contreventement, de basculement et de cisaillement de :

- La masse additionnelle apportée par le remplissage ;
- L'apport de raideur du remplissage.

La méthodologie de calcul proposée par le demandeur est de réaliser deux analyses globales comme suit :

1. L'analyse de base (négligeant l'apport de raideur du remplissage) utilisant la raideur de base de la COB pour les murs concernés ; puis
2. L'analyse après affectation de la raideur de base de la COB augmentée de 25% aux murs destinés à recevoir un remplissage.

La méthode de calcul peut être réalisée de manière simplifiée, en effectuant uniquement l'analyse de base majoration des efforts, et par minoration des déplacements de 25%, moyennant le respect des dispositions décrites au § 4.1.6 du cahier des charges.

Le dimensionnement du système est réalisé conformément à la norme NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale.

Compte tenu des éléments de justification fournis dans le cahier des charges, et sous condition de respecter les limitations indiquées dans la présente Appréciation, la stabilité de l'ouvrage peut être assurée.

1.2 – Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants est considérée comme normalement assurée moyennant l'utilisation des dispositifs de manutention et le respect des prescriptions décrits dans le cahier des charges.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Compte tenu de ce que le remplissage n'a pas vocation à rester apparent, le procédé ne pose pas de problème particulier du point de vue de la réaction au feu.

En matière de résistance au feu, le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie dans la limite des domaines de validité de l'Appréciation Laboratoire au Feu établis par EFECTIS (EFR-23-002663), rappelés au paragraphe 4.3 du cahier des charges.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3277_V1

1.4 – Sécurité en cas de séisme

Sur la base des éléments fournis par le demandeur et les prescriptions du cahier des charges, le procédé peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme. Le domaine d'emploi du procédé est limité à une utilisation en France métropolitaine, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

La qualification et le suivi des terres provenant d'Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) sont exclusivement réalisés par BULBAT. Le site est audité annuellement par la société BULBAT.

Le procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS est fabriqué sur le site de préfabrication des éléments d'ossature bois ou sur un site intermédiaire. Cette fabrication est gérée par la société BULBAT, en coordination avec l'entreprise de construction bois en charge du remplissage. BULBAT s'assure de la qualité et du contrôle de la fabrication suivant les prescriptions indiquées au §7.2 du cahier des charges.

La densité des contrôles permet de garantir la constance des performances du procédé.

2.2 – Mise en œuvre

La mise en œuvre du procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS est exclusivement réalisée par BULBAT, en coordination avec l'entreprise de construction bois pour les ossatures bois.

La mise en œuvre décrite dans le cahier des charges ne présente pas de difficultés particulières vis-à-vis des procédés équivalents.

2.3 – Assistance technique

La conception est effectuée par des bureaux d'études techniques externes. La société POINT P, par l'intermédiaire de BULBAT accompagne les projets visant à l'utilisation du procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS et fournit une assistance technique.

3°) Risques de désordres

Les prescriptions de conception, de fabrication et de mise en œuvre précisées dans le cahier des charges sont de nature à limiter les risques de désordres associés au procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS.

4°) Recommandations

Il est recommandé de :

- Mettre en œuvre des voiles de contreventement de même épaisseur dans le cas des murs avec un voile de contreventement placé côté extérieur et un voile de contreventement placé côté intérieur ;
- Mesurer l'humidité du voile de contreventement après mise en œuvre de la terre et de ne retenir que des voiles de contreventement dont le délai de séchage est inférieur à 4 semaines et dont le taux d'humidité n'excède pas 18 %.

5°) Rappel

Le demandeur devra communiquer au CSTB, au plus tard au début des travaux, une fiche d'identité de chaque chantier réalisé, précisant l'adresse du chantier, le nom des intervenants concernés, les contrôles spécifiques à réaliser et les caractéristiques principales à la réalisation.

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

- La sécurité est assurée ;
- La faisabilité est probable ;
- Les désordres sont minimes.

Champs sur Marne,
Le Président du Comité d'Experts,

Ménad CHENAF

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3277_V1

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : POINT P SAS
12 place de l'IRIS, TOUR SAINT GOBAIN FR – 92400 COURBEVOIE

Définition de la technique objet de l'expérimentation : TERLIAN MUR PREFABRIQUE BOIS est un procédé de remplissage intégral d'éléments de murs à ossature bois porteurs (COB) ou non (FOB) réalisé en usine avec un mélange de terre, de granulats recyclés, de liant, de fibres végétales et d'eau, d'épaisseur 95 à 145 mm correspondant aux largeurs des montants bois. Le procédé n'a pas de fonction structurale, il contribue à la performance thermique de l'ouvrage par son apport inertiel notamment vis-à-vis du confort d'été et sa contribution à la régulation hygrothermique du local.

Le procédé TERLIAN MUR PREFABRIQUE BOIS est destiné au remplissage intégral de murs à ossature bois de bâtiments neufs ou en rénovation en France Européenne et en zone de sismicité 1 à 4, pour les bâtiments d'habitation de la 1^{ère} et 2^{ème} famille ainsi que les bâtiments relevant du Code du travail ou Etablissements Recevant du Public dont le plancher haut le plus bas n'excède pas 8 m.

Le remplissage de l'ossature bois avec le procédé TERLIAN MUR PREFABRIQUE BOIS est exclusivement réalisé en usine de préfabrication.

Le domaine d'emploi est limité aux locaux à hygrométrie faible et moyenne classés au plus EB+ Locaux privés tels que définis dans le cahier du CSTB 3567, de mai 2006 « Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois et nomenclature des supports pour revêtements muraux intérieurs », ponctuellement rafraîchis.

Seules sont admises les ossatures bois (COB ou FOB) réalisées en bois résineux au sens de la NF EN 14081.

Le procédé est destiné à la réalisation d'ouvrages correspondant aux conditions des classes de service 1 et 2 au sens de la norme NF EN 1995-1-1 et des classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Seuls sont admis les revêtements extérieurs suivants :

- Parois recevant un système d'ITE avec enduit (ETICS) avec isolant d'épaisseur 120 à 180 mm, dans le respect des éventuelles limitations plus restrictives du référentiel du revêtement extérieur choisi, sans excéder R+2.

Seuls sont admis les enduits avec une épaisseur de lame équivalente S_d inférieure ou égale à 0,3 m.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3277_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte 32 pages.

***Procédé de Remplissage intégral hors site de COB/FOB
par un mélange à base de terre***

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 01 décembre 2023

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3277_V1.

Fin du rapport

Frank Kupferlé

Mob +33(0) 674 35 35 59

Email frank.kupferle@c4ci.eu



DOSSIER TECHNIQUE

ATEx de cas a – TERLIAN MUR PREFABRIQUE BOIS – Remplissage intégral hors site de COB/FOB par un mélange à base de terre

Etabli par C4Ci pour le compte de :

POINT P

12 place de l'Iris

Tour Saint-Gobain F

92400 COURBEVOIE

CLIENT POINT P SAS

DATE 02/01/2024

PROJET N° 2105

VERSION REV3

TABLE DES MATIERES

1	Principe.....	4
2	Domaine d'emploi.....	5
3	Caractéristiques des composants.....	6
3.1	MÉLANGE À BASE DE TERRE	6
3.1.1	Terre.....	6
3.1.2	Liant.....	6
3.1.3	Fibre végétale	6
3.1.4	Granulats recyclés.....	6
3.1.5	Caractéristiques du mélange à base de terre	7
3.2	AUTRES COMPOSANTS DE LA PAROI.....	7
3.2.1	Ossature bois.....	7
3.2.2	Voile de contreventement ou panneau de stabilité.....	7
3.2.3	Pare-vapeur.....	8
3.2.4	Contre-cloison intérieure	8
3.3	REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS.....	8
3.3.1	ITE avec enduit (ETICS)	8
4	Conception.....	9
4.1	PRINCIPES GÉNÉRAUX.....	9
4.1.1	Rôle des acteurs.....	9
4.1.2	Formulation.....	9
4.1.3	Configurations de parois	10
4.1.4	Ancrages des éléments préfabriqués (COB).....	10
4.1.5	Assemblage des éléments préfabriqués entre eux (COB)	10
4.1.6	Principes de conception et de dimensionnement (COB).....	10
4.1.7	Principes de conception et de dimensionnement (FOB)	11
4.2	VÉRIFICATIONS SOUS SOLlicitATIONS SISMiques	11
4.3	VÉRIFICATIONS EN SITUATION D'INCENDIE.....	12
4.3.1	Réaction au feu	12
4.3.2	Résistance au feu	12
4.3.3	Propagation du feu par les façades	12
4.4	RÉSISTANCE AUX CHOCS.....	12
4.4.1	Résistance aux chocs de sécurité intérieurs.....	12
4.4.2	Résistance aux chocs de conservation des performances	12
4.5	REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS.....	12
4.6	INTÉGRATION DES MENUISERIES EXTÉRIEURES.....	12
4.7	ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET À LA VAPEUR D'EAU.....	13
4.7.1	Partie courante avec système d'ITE avec enduit (ETICS)	13
4.7.2	Points singuliers.....	13
4.8	ÉTANCHÉITÉ À L'EAU	13
5	Mise en œuvre	14
5.1	SÉQUENÇAGE	14
5.2	PRÉFABRICATION ET MISE EN ŒUVRE DU MUR À OSSATURE BOIS.....	14
5.3	MISE EN ŒUVRE DES MENUISERIES EXTÉRIEURES.....	14
5.4	VÉRIFICATIONS PRÉALABLES À LA MISE EN ŒUVRE DU REMPLISSAGE.....	14
5.4.1	Vérifications du support et des conditions de mise en œuvre.....	15
5.4.2	Vérification des intrants.....	15
5.5	MISE EN ŒUVRE DU PROCÉDÉ TERLIAN MUR PREFABRIQUÉ BOIS	15
5.5.1	Principe et équipement.....	15

5.5.2	Préparation du mélange.....	16
5.5.3	Mise en œuvre du remplissage	16
5.5.4	Bon à lever	17
5.6	SÉCHAGE – BON À FERMER / BON POUR MISE EN OEUVRE	17
5.7	STOCKAGE ET MANUTENTION	17
5.7.1	Stockage hors site.....	17
5.7.2	Stockage sur site	18
5.7.3	Manutention.....	18
5.8	GESTION DE L'HUMIDITÉ EN PHASE CHANTIER	18
5.9	MISE EN ŒUVRE DES AUTRES PARTIES D'OUVRAGE.....	18
5.9.1	Revêtement extérieur.....	18
5.9.2	Pare-vapeur.....	18
5.9.3	Contre-cloison.....	19
6	Assistance technique	19
7	Contrôles	19
7.1	CONTRÔLES AVANT LIVRAISON DE LA TERRE SUR SITE DE FABRICATION	19
7.1.1	Validation du site d'excavation	19
7.1.2	Validation initiale d'un lot de terre pour son application.....	20
7.1.3	Procédure de prélèvement et stockage des éprouvettes pour essais de compression.....	20
7.1.4	Procédure de validation initiale d'un liant ou de granulats de bois.....	20
7.2	CONTRÔLES SUR SITE DE FABRICATION.....	20
7.2.1	Contrôle de l'humidité de l'ossature bois et du voile de contreventement	20
7.2.2	Gâchées de contrôle.....	21
7.2.3	Contrôle de l'humidité du remplissage en terre	21
8	Réparation.....	21
9	Mention des justificatifs.....	22

1 PRINCIPE

TERLIAN MUR PREFA BOIS est un procédé de remplissage intégral d'éléments de murs à ossature bois porteurs (COB) ou non (FOB) réalisé hors site avec un mélange de terre, de granulats recyclés, de liant, de fibres végétales et d'eau, d'épaisseur 95 à 145 mm (largeur des montants).

Le procédé est commercialisé par POINT P, qui s'appuie sur BULBAT pour la formulation, préparation et réalisation du remplissage. POINT P et BULBAT sont deux filiales de SAINT-GOBAIN DISTRIBUTION BATIMENT FRANCE.

Les murs réalisés avec le procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS sont composés (de l'intérieur vers l'extérieur) comme suit :

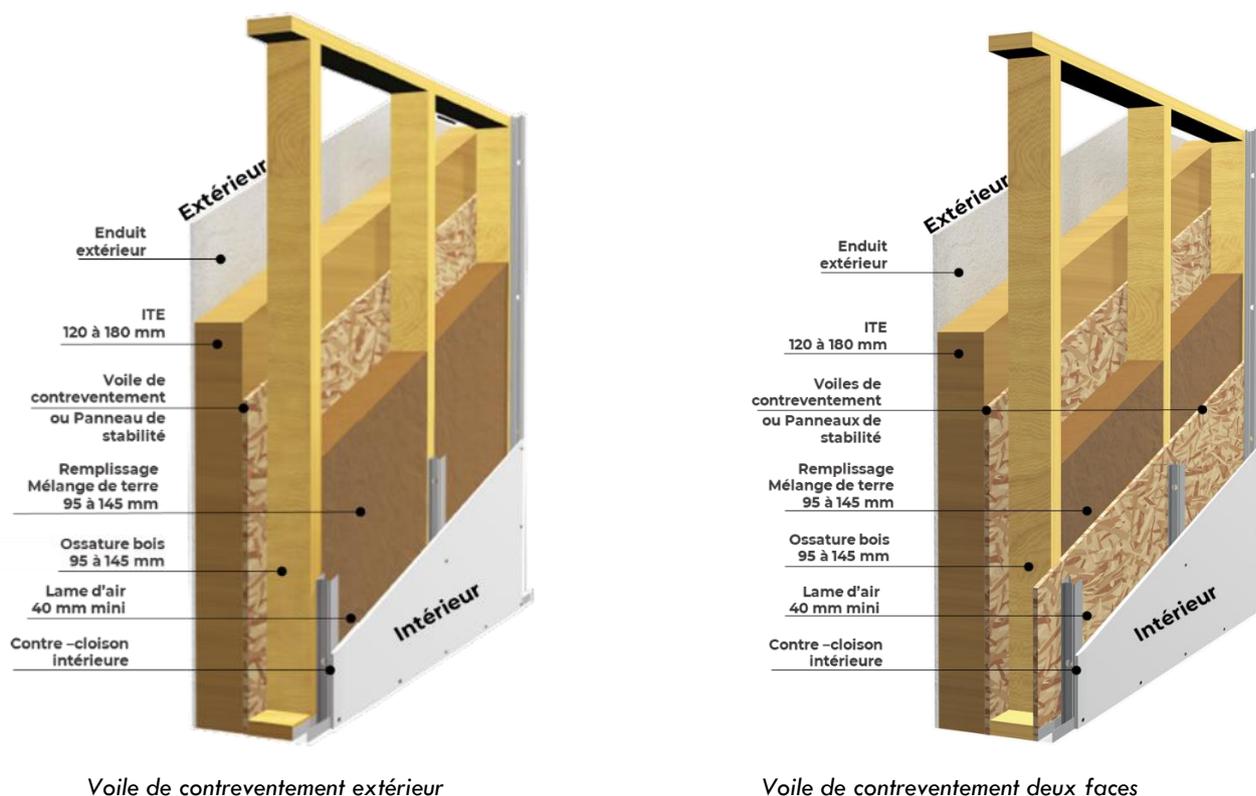
- Contre-cloison en plaques de plâtre (vide technique) non isolée conforme au NF DTU 25.41 ;
- Ossature bois avec montants de largeur $d = 95$ à 145 mm et voile de contreventement ou panneau de stabilité côté extérieur ou deux faces (côté extérieur et intérieur) , conformes aux dispositions du §3.2.2 ;
- Remplissage intégral à base de terre des cavités entre montants ;
- Système d'ITE avec enduit (ETICS) listé au §3.3 avec isolant d'épaisseur 120 à 180 mm.

Les configurations de parois admises sont décrites au Tableau 1.

Le mélange ainsi que la mise en œuvre du remplissage sont réalisés hors site selon une formulation prédéfinie, exclusivement à partir d'un lot de terre préalablement qualifié par BULBAT, avec le liant et les fibres végétales visés.

Le procédé, qui n'a pas de fonction structurale, contribue à la performance thermique de l'ouvrage par son apport inertiel notamment vis-à-vis du confort d'été et sa contribution à la régulation hygrothermique du local.

Figure 1 : Principe de paroi utilisant le procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS



2 DOMAINE D'EMPLOI

Le procédé TERLIAN MUR PREFE BOIS est destiné au remplissage intégral de murs à ossature bois de bâtiments neufs ou en rénovation en France métropolitaine et en zone de sismicité 1 à 4, pour les bâtiments d'habitation de la 1^{ère} et 2^{ème} famille ainsi que les bâtiments relevant du Code du travail ou Etablissements Recevant du Public dont le plancher haut le plus bas n'excède pas 8 m.

Il peut être mis en œuvre, dans le respect des configurations de parois décrites au Tableau 1, en remplissage intégral de :

- Murs à ossature bois porteurs (COB) relevant du NF DTU 31.2 ;
- Façade à ossature bois non porteuse (FOB) filante appuyée en pied uniquement, relevant du NF DTU 31.4 et n'excédant pas R+1 ;
- Murs à ossature bois :
 - avec montants de largeur 95 à 145 mm ;
 - avec voile de contreventement (COB) ou panneau de stabilité (FOB) listé au §3.2.2 et positionné côté extérieur ou deux faces (côté extérieur et intérieur, d'épaisseur identique) ;
- Parois recevant un système d'ITE avec enduit (ETICS) listés au §3.3 avec isolant d'épaisseur 120 à 180 mm, dans le respect des éventuelles limitations plus restrictives du référentiel du revêtement extérieur choisi, sans excéder R+2.
- Parois avec contre-cloison intérieure non isolée

Seuls sont visés le remplissage intégral de la cavité entre montants d'ossature et la réalisation hors site du mélange et du remplissage.

Seules sont visées les ossatures bois (COB ou FOB) réalisées en bois résineux au sens de la NF EN 14081.

Dans le cas de murs à ossature bois porteurs (COB), la hauteur des éléments individuels n'excède pas 3,0 m.

Le domaine d'emploi est limité aux locaux à hygrométrie faible et moyenne classés au plus EB+ Locaux privatifs tels que définis dans le cahier du CSTB 3567, de mai 2006 « Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois et nomenclature des supports pour revêtements muraux intérieurs », ponctuellement rafraîchis.

Le procédé est destiné à la réalisation d'ouvrages correspondant aux conditions des classes de service 1 et 2 au sens de de la norme NF EN 1995-1-1 et des classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Les limitations du domaine d'emploi résultent par ailleurs du respect de la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments, notamment vis-à-vis du Règlement de Sécurité pour la Construction (cf. §4.3).

Tableau 1 : Configurations de parois du procédé TERLIAN MUR PREFE BOIS

Composant	[A]	[B]
Revêtement extérieur	ETICS avec épaisseur d'isolant 120 – 180 mm (cf. §3.3.1) ⁽¹⁾	
Contreventement ⁽²⁾	Conforme au NF DTU 31.2 P1-2 ou sous AT, DTA ou ATEx visant cet usage (cf. §3.2.2) ⁽²⁾	
	$0,13 \leq S_d \leq 3,6$ m	
Ossature bois	Conforme au NF DTU 31.2 – largeur 95 à 145 mm	
Isolant	Sans	
Remplissage	Mélange à base de terre par projection – ép. 95 à 145 mm	
Contreventement ⁽²⁾		Conforme au NF DTU 31.2 P1-2 ou sous AT, DTA ou ATEx visant cet usage (cf. §3.2.2) ⁽²⁾
		$0,13 \leq S_d \leq 3,6$ m
Pare-vapeur souple	Sans	
Contre-cloison non isolée	Plaque de plâtre sur ossature conforme au NF DTU 25.41 sans ITI	

(1) Uniquement enduits des systèmes d'ETICS listés au §3.3.1.

(2) En configuration [B], les deux voiles de contreventement sont d'épaisseur identique.

3 CARACTERISTIQUES DES COMPOSANTS

3.1 Mélange à base de terre

Le procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS utilise un mélange de terre, de granulats recyclés, de liant, de fibres végétales et d'eau remplissant intégralement la cavité entre les montants d'ossature.

3.1.1 TERRE

Terre est exclusivement issue :

- D'Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) relevant des articles L541-30-1 et R 541-65 et suivants du code de l'environnement, préalablement qualifiés par BULBAT, audités, et suivis dans la durée tel que décrit au §7.1.1 ;
- De lots isolés et stockés par l'ISDI, préalablement analysés et qualifiés par BULBAT pour l'application visée tel que décrit au §7.1.2 ;
- De l'excavation du sol du chantier considéré, préalablement analysés et qualifiés par BULBAT pour l'application visée tel que décrit au §7.1.2.

répondant à un cahier des charges spécifique BULBAT.

Les principales caractéristiques sont :

- Classe de terre B selon NF P 11-300
- Granulométrie ≤ 20 mm
- Masse volumique apparente sèche : 1 100 à 1 700 kg/m³

3.1.2 LIANT

Liant minéral hydraulique qualifié pour l'application visée, dont la principale caractéristique est :

- Masse volumique apparente : 0,9 – 1,2 g/cm³

Le liant est conditionné en sacs, en big bag ou en vrac.

La procédure de qualification préalable du liant est décrite au §7.1.4. Les liants suivants ont été qualifiés au préalable :

- Weber Liant terre développé par SAINT-GOBAIN Weber ;
- TERLIAN LT développé par BULBAT.

3.1.3 FIBRE VEGETALE

Granulats de bois

Granulats de bois neutralisés par traitement minéralisant et thermique, sous Avis Technique visant la réalisation de chapes légères en composite bois-ciment, dont les principales caractéristiques sont :

- Granulométrie représentative : 1 – 10 mm
- Dimension maximale : 20 à 30 mm
- Dimension minimale : environ 7-8% de granulats de moins d'1 mm
- Masse volumique moyenne : 150 – 200 kg/m³ (sèche à 12% d'humidité) ; 220 – 370 kg/m³ (à la livraison)

La procédure de qualification préalable des granulats de bois est décrite au §7.1.4.

Les granulats AGRESLITH-C anciennement visés par l'AT 16/05-487 ou GRANULAND visés par le DTA 13/18-1403_V2 répondent à ces exigences.

3.1.4 GRANULATS RECYCLES

Granulats recyclés qualifiés selon NF EN 12620+A1 et NF P 18-545, de Type 1 ou Type 2, dans la classe granulaire des gravillons (d/D avec $d \geq 2$ mm et $D \leq 20$ mm).

3.1.5 CARACTERISTIQUES DU MELANGE A BASE DE TERRE

Formulation

Le mélange est composé de :

- Terre (ou mixte Terre – Granulats recyclés)
- Fibres végétales
- Liant

L'eau de gâchage est ajustée afin d'atteindre une classe de consistance S3 au plus (mesure de l'affaissement au cône d'Abrams selon NF EN 12350-8).

La formulation précise est définie tel que décrit au §4.1.2.

Caractéristiques principales

- Résistance à la compression à 28 jrs : 1 à 10 MPa (procédure cf. §7.1.3 ; plage cible d'approche performancielle)
- Conductivité thermique utile : 0,55 W/m².K (valeur issue des essais augmentée de 15 %)
- Perméabilité à la vapeur d'eau : $\mu = 6$ à 200 $S_d = 0,57$ à 29 m (ép. 95 à 145 mm)
- Masse volumique sèche : 1 400 – 2 000 kg/m³
- Masse volumique à l'état frais : 1 680 – 2 300 kg/m³

Le respect des plages cibles de résistance à la compression et de masse volumique humide permet d'assurer les valeurs de conductivité thermique utile et de perméabilité à la vapeur d'eau indiquées.

Autres caractéristiques

- Porosité : 24 – 40 %
- Capacité thermique massique sèche : 700 – 900 J.kg⁻¹.K⁻¹

Epaisseur

L'épaisseur nominale du remplissage e_r est de 95 mm à 145 mm.

3.2 Autres composants de la paroi

3.2.1 OSSATURE BOIS

Ossature bois préfabriquée conforme au NF DTU 31.2 (COB) ou NF DTU 31.4 (FOB) de largeur $d = 95$ à 145 mm.

Pour permettre la manutention des éléments pourvus du remplissage, les éléments préfabriqués n'excèdent en général pas 2,4 m de longueur et 3 m de hauteur.

Les parois de largeur de montant non comprise entre 95 et 145 mm ou de hauteur $> 3,0$ m n'ont pas été évaluées.

Les fixations, ancrages, etc... sont également conformes aux dispositions du NF DTU 31.2 (COB) ou NF DTU 31.4 (FOB).

Seuls sont admis les murs à ossature bois dont le voile de contreventement (ou panneau de stabilité) est positionné côté extérieur ou les deux, et satisfait aux dispositions du §3.2.2 ci-après.

Seules sont admises les ossatures bois (COB ou FOB) réalisées en bois résineux au sens de la NF EN 14081.

3.2.2 VOILE DE CONTREVENTEMENT OU PANNEAU DE STABILITE

Voile de contreventement (COB) ou panneau de stabilité (FOB) :

- Conforme aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2 (COB) ou NF DTU 31.4 P1-2 (FOB) ; ou
- Disposant d'un Avis Technique, DTA ou d'une ATE_x de cas a visant l'emploi en tant que voile de contreventement de COB conforme au NF DTU 31.2.

En outre, seuls sont admis les voiles de contreventement ou panneaux de stabilité dont la perméabilité à la vapeur d'eau fait l'objet d'un suivi dans les conditions prévues par le NF DTU 31.2 P1-1 et P1-2 (suivi requis pour l'application de la règle dite du facteur 5) et la valeur S_d se situe entre 0,13 et 3,6 m (coupelle sèche).

Le cas échéant (configuration [B] du Tableau 1), les voiles de contreventement intérieur et extérieur sont d'épaisseur identique.

3.2.3 PARE-VAPEUR

En partie courante, la paroi est réalisée sans membrane pare-vapeur.

Pour le traitement des points singuliers et des jonctions aux autres parties de l'ouvrage (cf. 4.7.2), des pièces de membrane pare-vapeur conforme aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2 dont la valeur $S_d \geq 90$ m ainsi qu'un adhésif compatible et conforme au NF DTU 31.2 P1-2 sont utilisés.

3.2.4 CONTRE-CLOISON INTERIEURE

Contre-cloison intérieure non isolée conforme au NF DTU 25.41 assurant un vide technique d'épaisseur minimale 40 mm.

Les fixations de l'ossature (bois ou métallique) de la contre-cloison dans le remplissage à base de terre ne sont pas admises.

3.3 Revêtements extérieurs

Seuls sont admis les revêtements extérieurs listés ci-après.

Il convient de respecter les éventuelles limitations du domaine d'emploi du référentiel du revêtement extérieur choisi plus restrictives que celles décrites au §2.

3.3.1 ITE AVEC ENDUIT (ETICS)

Système d'ITE avec enduit dont l'Avis Technique vise la mise en œuvre sur COB conforme au NF DTU 31.2 et l'isolant est conforme aux dispositions suivantes :

- Epaisseur comprise entre 120 et 180 mm (en partie courante).
- Coefficient de transmission de vapeur d'eau de l'isolant : $\mu \leq 5$ (laine minérale ou fibre de bois) ou $\mu \leq 20$ (liège)
- Epaisseur de lame d'air équivalente de l'enduit : $S_d \leq 0,3$ m

En outre, seuls sont admis les enduits de finition et systèmes d'ETICS listés ci-après :

- Webertherm XM roche COB relevant de l'AT 7/18-1742_V1
- Webertherm XM natura COB relevant de l'AT 7/20-1778_V1
- Webertherm XM FdB COB relevant du DTA 7/21-1786_V1

4 CONCEPTION

4.1 Principes généraux

De manière générale, le remplissage du procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS vient intégralement remplacer l'isolation entre montants de l'ossature bois, dont la conception ne diffère des dispositions du NF DTU 31.2 ou 31.4 que par les dispositions spécifiques décrites dans le présent dossier.

4.1.1 ROLE DES ACTEURS

La conception globale de la paroi et le respect des configurations et choix des matériaux de la paroi réalisée avec le procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS est réalisée par la Maitrise d'œuvre de l'opération.

Le dimensionnement de la structure est réalisé par le bureau d'études en charge de l'analyse globale en tenant compte des dispositions du présent dossier.

Le calcul thermique réglementaire est réalisé par le bureau d'études en charge de la vérification réglementaire.

La réalisation des composants de la paroi est répartie comme suit :

Tableau 2 : Répartition de la réalisation des parties de paroi entre les acteurs

Revêtement extérieur ETICS	Façadier
Préfabrication de l'ossature bois ⁽¹⁾	Entreprise construction bois
Formulation, assistance dans la préparation et la fabrication du mélange à base de terre et les contrôles qualités associés	BULBAT
Remplissage hors site avec mélange de terre	BULBAT avec assistance de l'Entreprise de construction bois
Bon à lever ⁽²⁾	BULBAT
Bon à fermer / Bon pour mise en œuvre ⁽³⁾	BULBAT
Finition des éléments préfabriqués d'ossature bois ⁽⁴⁾	Entreprise de construction bois
Pose des éléments préfabriqués et fin des travaux d'ossature bois ⁽⁵⁾	Entreprise de construction bois
Contre-cloison non isolée	Entreprise en charge de la contre-cloison intérieure

(1) Ossature, voile de contreventement ou panneau de stabilité sur une face (avant remplissage). Mesures d'humidité de l'ossature bois préalables au remplissage (cf. §5.4.1).

(2) Autorisation de manutention des éléments pour stockage dans une autre zone et/ou finition (cf. §5.5.4).

(3) Bon à fermer / Bon pour mise en œuvre délivré après bon à lever et séchage des éléments. Les mesures d'humidité de l'ossature bois sont réalisées par l'Entreprise de construction bois. BULBAT est en charge des autres mesures et points de contrôle et du respect des dispositions du §5.6 pour la délivrance du bon.

(4) Fermeture le cas échéant de l'élément préfabriqué avec l'éventuel 2^{ème} voile ou panneau après bon à fermer. Pose du pare-pluie provisoire et de tout autre élément provisoire de protection.

(5) Pose des éléments, ancrages et autres éléments structuraux ; traitement des jonctions aux points singuliers.

4.1.2 FORMULATION

La formulation du mélange à base de terre est réalisée exclusivement par BULBAT au moment de la qualification d'un lot de terre et du liant associé, en tenant compte :

- Des caractéristiques physiques de la terre et du granulats recyclés lorsqu'il est associé dans la formulation ;
- Des caractéristiques du liant retenu pour la formulation ;
- Des caractéristiques physiques du granulats de bois ;
- Des performances visées (cf. §3.1.5 – Caractéristiques principales) ;
- Du mode de mise œuvre (ici le remplissage intégral hors site).

Cette étape de formulation conduit à la réalisation d'une fiche formulation unique.

La fiche formulation comprend en outre, en lecture directe, les informations permettant de définir avec précision la quantité d'eau de gâchage à ajouter en fonction de l'humidité réelle de la terre sur site, afin d'atteindre la teneur en eau globale et la masse volumique à l'état frais cibles.

Le mode opératoire de préparation du mélange au moyen de cette fiche formulation est décrit au §5.5.

4.1.3 CONFIGURATIONS DE PAROIS

Seules sont admises les configurations de parois décrites au Tableau 1, dans le respect des dispositions (notamment dimensionnelles) relatives aux composants décrites au §3.2 et §3.3.

Le plan d'étanchéité à l'air est systématiquement positionné côté extérieur (présence systématique du voile de contreventement ou panneau de stabilité).

Il convient en outre de porter une attention particulière au traitement des joints entre panneaux de contreventement ou de stabilité (au moyen d'un adhésif conforme au NF DTU 31.2 P1-2) et les jonctions aux autres parties d'ouvrage (cf. §4.7.2).

Dans le cas de murs à ossature bois porteurs (COB), la hauteur des éléments individuels n'excède pas 3,0 m.

Le maintien provisoire hors plan du remplissage est assuré soit par des équerres métalliques fixées aux montants (4 par cavité entre deux montants), soit par des traverses en bois fixées aux montants (2 traverses par cavité entre deux montants).

4.1.4 ANCRAGES DES ELEMENTS PREFABRIQUES (COB)

Les éléments préfabriqués étant livrés déjà remplis et pourvus de leur voile de contreventement, leurs ancrages permettant la reprise des efforts de cisaillement et de traction (basculement) sont impérativement mis en œuvre sur la face intérieure ou extérieure (la cavité n'étant plus accessible).

La lisse d'implantation est fixée au support (dalle, plancher) sur site avant la pose des éléments.

Les éléments sont préfabriqués avec un débord du voile de contreventement en partie basse facilitant le positionnement sur site des éléments (Figure 2).

Les ancrages permettant la reprise des efforts de cisaillement et de traction (basculement) sont fixés à la lisse d'implantation, à la traverse basse et, le cas échéant) aux montants.

4.1.5 ASSEMBLAGE DES ELEMENTS PREFABRIQUES ENTRE EUX (COB)

Les éléments préfabriqués adjacents sont assemblés entre eux soit par vis croisées, soit par le biais de plats métalliques cloués aux montants.

4.1.6 PRINCIPES DE CONCEPTION ET DE DIMENSIONNEMENT (COB)

Moyennant le respect des configurations de parois décrites au Tableau 1, et des dispositions d'ancrage et d'assemblages décrites précédemment, le procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS ne modifie pas les principes de conception du mur à ossature bois selon le NF DTU 31.2, ni ses principes structuraux.

Le remplissage à base de terre n'a pas de fonction structurale, mais il convient de tenir compte dans l'analyse globale du bâtiment (notamment pour la détermination des efforts de contreventement, de basculement et de cisaillement) de :

- La masse additionnelle apportée par le remplissage ;
- L'apport de raideur du remplissage, à hauteur de 25%

Prise en compte de l'apport de raideur dans l'analyse globale

La raideur de base de la COB (sans prise en compte du remplissage) peut être déterminée selon la méthode du Guide AQ-CEN – Ossature bois.

Il convient dans le cas général, afin de déterminer les efforts de contreventement, de basculement (dimensionnement des ancrages) et de cisaillement décisifs puis de procéder aux vérifications, de réaliser deux analyses globales (ne nécessitant qu'une seule modélisation) :

- L'analyse de base (négligeant l'apport de raideur du remplissage) utilisant la raideur de base de la COB pour les murs concernés ; puis
- L'analyse après affectation aux murs destinés avec remplissage de la raideur de base de la COB augmentée de 25% .

Alternativement, il est possible de procéder de manière simplifiée, en réalisant uniquement l'analyse de base (négligeant l'apport de raideur du remplissage) et en majorant les efforts et minorant déplacements ainsi obtenus de 25% (ou en se limitant lors des vérifications à un taux de travail maximum de 80%). Cette approche simplifiée n'est admise que pour les bâtiments satisfaisant à toutes les dispositions suivantes :

- Bâtiments réguliers en plan et en élévation au sens de la NF EN 1998-1+A1 et son Annexe Nationale.
- Bâtiments approximativement symétriques en plan en ce qui concerne la répartition des masses et des sections de contreventement, au moins dans la grande direction.
- La hauteur de plancher à plancher (hauteur de niveau) ne doit pas dépasser 3,4 m.
- L'ensemble des voiles de contreventement périphériques du bâtiment doit être réalisé en ossature bois selon les mêmes dispositions constructives, avec ou sans remplissage TERLIAN MUR PREFE BOIS.
- En cas de présence d'un mur de refend, celui-ci doit être positionné au milieu des deux façades, un décalage de $\pm 25\%$ étant admis (NF DTU 31.2, §D.1.2 et Figure D.1).
- Les conditions suivantes du Guide CP-MI EC8 Zone 3-4 (août 2021) sont toutes respectées :
 - Conditions sur les planchers (et trémies) du §1.8 du Guide CP-MI.
 - Conditions de limitations de l'élanement (critère 1) du §2.3.1 du Guide CP-MI, en limitant en outre la distance entre deux voiles de contreventement parallèles à 10 m (NF DTU 31.2, §D.1.4 et Figure D.4).
 - Conditions de compacité (critère 2), d'implantation des voiles de contreventement (critère 3) et d'effort normal sur les éléments secondaires (critère 6) du §2.3.1 du Guide CP-MI.
 - Conditions de position des voiles de contreventement par rapport au périmètre du bâtiment (critère 4) du §2.3.1 du Guide CP-MI, précisées de la Figure D.7 du NF DTU 31.2.
 - Conditions de limitation de l'effet de torsion (critère 5) du §2.3.1 du Guide CP-MI, en restreignant en outre la plage admise du rapport des longueurs cumulées entre 0,5 et 2,0 (NF DTU 31.2, §D.1.2).
 - Conditions sur la configuration en élévation (écart entre les surfaces des planchers ; continuité des éléments de contreventement du sommet à la fondation) du §2.3.2 du Guide CP-MI.

Vérification de la résistance au contreventement

La résistance au contreventement (vent, séisme) est assurée par la seule COB, et vérifiée selon la méthode A du § 9.2.4 de la NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale, en négligeant de manière sécuritaire l'apport de résistance du remplissage.

4.1.7 PRINCIPES DE CONCEPTION ET DE DIMENSIONNEMENT (FOB)

Moyennant le respect des configurations de parois décrites au Tableau 1, le procédé TERLIAN MUR PREFE BOIS ne modifie pas les principes de conception de l'élément de façade à ossature bois non porteuse appuyée en pied selon le NF DTU 31.4, ni ses principes structuraux.

4.2 Vérifications sous sollicitations sismiques

Le principe de dimensionnement d'un mur à fonction de contreventement avec remplissage TERLIAN MUR PREFE BOIS sous sollicitations sismiques s'apparente en tout point à celui d'un mur à ossature bois traditionnel conforme au NF DTU 31.2, en tenant compte des dispositions ci-après.

La justification doit être menée en suivant le principe de comportement de structure faiblement dissipatif (DCL) ou moyennement dissipatif (DCM) conformément à la norme NF EN 1998-1-1 (cf. § 8.1.3 et § 8.6 (2P)), avec un coefficient de comportement qu'il convient de limiter à $q = 2,0$.

Les principes de conception et de dimensionnement décrits au §4.1.6, en particulier la prise en compte de l'apport de raideur dans l'analyse globale, doivent être respectés.

Compte tenu de la masse rapportée dans l'ossature, il convient en outre de procéder systématiquement à la vérification hors plan.

4.3 Vérifications en situation d'incendie

4.3.1 REACTION AU FEU

On rappelle que le remplissage n'a pas vocation à rester apparent.

4.3.2 RESISTANCE AU FEU

L'appréciation de laboratoire EFR-23-002663 (Efectis) décrit des solutions d'écran thermique du côté intérieur du mur à ossature bois à même de satisfaire à cette disposition.

De nombreux essais de réaction au feu réalisés sur diverses formulations conformément à la norme NF EN 13501-1, ont montré que le remplissage en terre d'excavation peut être considéré comme n'ayant pas d'influence défavorable sur les performances de résistance au feu de l'ensemble comparativement à un isolant minéral classique.

4.3.3 PROPAGATION DU FEU PAR LES FAÇADES

Lorsque la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments, notamment vis-à-vis du Règlement de Sécurité pour la Construction formule des exigences relatives au risque de propagation du feu par les façades, les parois verticales à ossature bois (porteuses ou non porteuses) du procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS doivent satisfaire aux dispositions du Guide Bois construction et propagation du feu par les façades (V3.1 du 07/12/2020).

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur :

- Un écran thermique de type plaque rigide conforme aux dispositions du Guide Bois construction et propagation du feu par les façades (V4 du 26/07/2023) est interposé entre l'ETICS et le voile de contreventement ou panneau de stabilité.

Le système d'ETICS comporte un isolant en laine de roche et est conforme au §3.3.1. La possibilité que l'ETICS avec isolant en laine de roche puisse assurer seul la fonction d'écran thermique n'a pas été évaluée.

Vis-à-vis du feu venant de l'intérieur :

- L'appréciation de laboratoire EFR-23-002663 (Efectis) décrit des solutions d'écran thermique du côté intérieur du mur à ossature bois à même de satisfaire à l'exigence REI_{t, >= 60}.

4.4 Résistance aux chocs

4.4.1 RESISTANCE AUX CHOCS DE SECURITE INTERIEURS

Le mur à ossature bois avec procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS (avec ou sans contre-cloison intérieure) permet de répondre aux exigences en matière de résistance aux chocs de sécurité telles que définies dans la NF P 08-302, sans endommagement du voile de contreventement extérieur, aussi bien en phase provisoire qu'en phase définitive.

4.4.2 RESISTANCE AUX CHOCS DE CONSERVATION DES PERFORMANCES

La résistance aux chocs de conservation des performances de la paroi finie est assurée :

- Côté extérieur par le revêtement extérieur de la paroi ;
- Côté intérieur par la contre-cloison, par exemple par application des solutions conformes aux NF DTU 25.41 pour l'usage considéré.

4.5 Revêtements extérieurs

Seuls sont admis les revêtements extérieurs listés au §3.3, en veillant au respect des compositions de parois décrites au Tableau 1.

Il convient également de respecter les éventuelles limitations du domaine d'emploi plus restrictives du référentiel du revêtement extérieur choisi, sans excéder R+2 dans le cas présent (ETICS).

4.6 Intégration des menuiseries extérieures

Le remplissage TERLIAN MUR PREFA BOIS est réalisé côté intérieur et entre montants d'ossature bois et n'a donc pas d'interface avec les menuiseries extérieures qui sont mises en œuvre conformément aux dispositions des NF DTU 36.5, 31.2 et 31.4.

La fixation des menuiseries dans le remplissage à base de terre n'est pas admise.

4.7 Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau

De manière générale, les dispositions relatives à l'étanchéité à l'air des parois à ossature bois conformes aux NF DTU 31.2 et 31.4 s'appliquent aux parois comportant un remplissage TERLIAN MUR PREFA BOIS, dans le respect des dispositions suivantes.

La continuité du plan d'étanchéité à l'air doit être garantie en considérant les mouvements éventuels des ossatures de COB ou FOB.

Il convient de se référer au §4.1.3 et aux compositions de parois décrites au Tableau 1.

4.7.1 PARTIE COURANTE AVEC SYSTEME D'ITE AVEC ENDUIT (ETICS)

En partie courante, la paroi est réalisée sans membrane pare-vapeur.

Cette disposition a été validée pour les configurations, composants et domaine d'emploi du présent dossier, et se substitue ainsi à l'exigence de mise en œuvre d'une membrane pare-vapeur $S_d \geq 90$ m des Avis Techniques des procédés d'ETICS sur COB et du Cahier 3729_V2 (décembre 2014) à la date de rédaction du présent dossier.

Le plan d'étanchéité à l'air est systématiquement positionné côté extérieur (présence systématique du voile de contreventement ou panneau de stabilité).

Il convient en outre de porter une attention particulière au traitement des joints entre panneaux de contreventement ou de stabilité (au moyen d'un adhésif conforme au NF DTU 31.2 P1-2) et les jonctions aux autres parties d'ouvrage (cf. §4.7.2).

4.7.2 POINTS SINGULIERS

Pour le traitement des points singuliers et des jonctions aux autres parties de l'ouvrage, des pièces de membrane pare-vapeur conforme aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2 dont la valeur $S_d \geq 90$ m ainsi qu'un adhésif compatible et conforme au NF DTU 31.2 P1-2 sont utilisés. Le principe de traitement de ces points singuliers est décrit :

- Jonction entre éléments préfabriqués : Figure 9
- Jonction avec d'autres éléments structuraux bois : Figure 10
- Jonction avec éléments verticaux en béton ou maçonnerie : Figure 11
- Au droit des chevêtres de menuiseries extérieures : Figure 13 (Tableau), Figure 14 (appui), Figure 15 (linteau - caisson de volet roulant)
- Au droit des traversées de parois : Figure 16

4.8 Etanchéité à l'eau

Le remplissage à base de terre, positionné dans le plénum de l'ossature bois, ne joue aucun rôle dans l'étanchéité à l'eau de la paroi qui est assurée conformément aux dispositions du NF DTU 31.2 et 31.4 et du référentiel du revêtement extérieur choisi.

5 MISE EN ŒUVRE

5.1 Séquençage

Hors site

La préfabrication des éléments est réalisée selon le séquençage suivant :

- Préfabrication de l'ossature bois : ossature, voile de contreventement ou panneau de stabilité (sur une seule face).
- Vérifications préalables (§5.4).
- Remplissage à base de terre (§5.5).
- Bon à lever (§5.5.4).
- Séchage (§5.6).
- Bon à fermer/Bon pour mise en oeuvre (§5.6).
- Fermeture le cas échéant par l'éventuel 2^{ème} voile de contreventement.
- Pose du pare-pluie et de toute autre protection provisoire.

Sur site

La mise en œuvre du mur à ossature bois sur site est réalisée selon le séquençage suivant :

- Pose de la lisse d'implantation.
- Levage, pose, stabilisation et assemblage des éléments préfabriqués.
- Pose des ancrages.
- Mise en œuvre des autres éléments structuraux.
- Traitement des joints de panneaux du plan d'étanchéité à l'air ;
- Pose (dans la mesure du possible) des bandes de membrane pare-vapeur et adhésifs pour les jonctions aux points singuliers (§4.7.2).

5.2 Préfabrication et mise en œuvre du mur à ossature bois

La préfabrication et la mise en œuvre du mur à ossature bois sont réalisées conformément au NF DTU 31.2 ou 31.4 par l'Entreprise de construction bois préalablement formée, en veillant au respect du séquençage décrit au §5.1 et des dispositions et suivantes :

- L'utilisation pour la fabrication du mur de bois d'ossature dont l'humidité n'excède pas 15% est recommandée. Conformément au NF DTU 31.2 elle ne doit en aucun cas excéder 18%.
- Le risque lié à une montée incontrôlée de l'humidité en phase chantier doit être pris en compte. Il convient à cet effet de respecter les dispositions du guide « Construction Bois et gestion de l'humidité en phase chantier » (avril 2020) édité par le CODIFAB, qui doivent être maintenues *a minima* jusqu'à la mise en œuvre de l'ETICS.
- En particulier, le mur à ossature bois devra être pourvu d'un pare-pluie provisoire ou de toute autre protection contre les intempéries d'effet équivalent.
- La fermeture le cas échéant par l'éventuel 2^{ème} voile de contreventement et la livraison ne doivent être réalisées qu'après le Bon à fermer/Bon pour mise en oeuvre décrit au §5.6.

5.3 Mise en œuvre des menuiseries extérieures

Les menuiseries extérieures sont mises en œuvre dans le mur à ossature bois conformément aux dispositions des NF DTU 36.5, 31.2 et 31.4, en veillant aux dispositions suivantes :

- La fixation des menuiseries dans le remplissage à base de terre n'est pas admise.

5.4 Vérifications préalables à la mise en œuvre du remplissage

Les vérifications suivantes sont à réaliser par BULBAT (en charge de la mise en œuvre du remplissage hors site) avant le début de ses travaux avec l'appui de l'Entreprise de construction bois pour tous les contrôles en lien avec les éléments bois.

5.4.1 VERIFICATIONS DU SUPPORT ET DES CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

Conditions de mise en œuvre

- Les éléments préfabriqués sont disposés en atelier, à l'intérieur, dans une zone permettant la réalisation du remplissage.
- La température de mise en œuvre admise se situe entre 5° et 30° C.

Support

- Vérification de la conformité des éléments aux plans d'assemblage.
- Vérification préalable de l'humidité des bois d'ossature et du voile de contreventement (selon le protocole décrit au §7.2.1) qui ne pourra excéder 18% au moment de la mise en œuvre mélange à base de terre.

5.4.2 VERIFICATION DES INTRANTS

- Vérification de la disponibilité de la fiche formulation de référence.
- Evaluation des quantités de matières premières et vérification de leur disponibilité.
- Vérification (sur Bon de livraison) :
 - De l'origine de la terre (et le cas échéant du granulat recyclé) et de la conformité du lot avec la fiche formulation prévue pour le chantier ;
 - Du type et du conditionnement du liant minéral ;
 - Du type et du conditionnement de la fibre végétale.

Les contrôles réalisés au moment de la première gâchée (et des gâchées de contrôle suivantes) sont décrits au §5.5.2 et au §7.2.2.

5.5 Mise en œuvre du procédé TERLIAN MUR PREFABRIQUE BOIS

5.5.1 PRINCIPE ET EQUIPEMENT

La mise en œuvre s'effectue hors site et s'apparente à la mise en œuvre d'un béton dans des éléments coffrés.

Maîtrise des quantités

Selon les caractéristiques des équipements de réalisation du mélange, on distingue deux configurations de mesure et de maîtrise des quantités :

- Mesure massique ou de débit : Mesure de masse des différents intrants solides et mesure de débit ou de masse pour l'eau (intrant liquide).
- Mesures par Unités de Quantification (UQ) préalablement qualifiées par BULBAT pour chaque intrant solide ainsi que pour l'eau selon le protocole correspondant visé au plan d'assurance qualité.

Equipement de mise en œuvre

La mise en œuvre est réalisée avec un malaxeur ou une centrale à béton mobile ou après déchargement à la goulotte ou au tapis/toboggan.

Les outils de vibration, réglage et lissage sont identiques à ceux utilisés pour la mise en œuvre du béton.

Equipement pour la fabrication du mélange

- Malaxeur ou centrale mobile.
- Balance électronique 50 kg avec précision de 20 g pour la vérification de la masse volumique à l'état frais (cf. §7.2.2) et des différentes mesures de masse requises pour la fabrication du mélange.
- Un récipient d'une capacité de 8 litres.
- Poêle et réchaud pour la mesure de la teneur en eau de la terre.
- Eprouvettes 11/22 pour les essais de résistance mécanique (cf. §7.2.2).
- Cône d'Abrams pour la consistance du mélange.
- En cas de mesures par UQ : récipient(s) correspondant à l'UQ de chaque intrant.

5.5.2 PREPARATION DU MELANGE

La fabrication du mélange à base de terre est réalisée sur le site de préfabrication des éléments d'ossature bois ou sur un site intermédiaire (où les éléments préfabriqués d'ossature bois auront été préalablement transportés) au moyen d'un malaxeur ou d'une centrale mobile.

BULBAT définit et gère l'approvisionnement des matières premières requises pour la préparation du mélange, l'organisation, la préparation et la mise en œuvre du mélange avec l'appui de l'Entreprise de construction bois.

BULBAT réalise les contrôles qualité et essais associés à la production du mélange (masse volumique, quantité d'eau ajoutée, consistance)

Formulation – Recette

La fiche formulation définie par BULBAT permet de définir, par lecture directe après saisie des paramètres du projet :

- Les diverses quantités de la recette ;
- La quantité d'eau de gâchage en fonction de l'humidité de la terre préalablement déterminée (cf. gâchée de contrôle)
- La quantité de chaque matière première nécessaire au projet, ajustée en fonction du conditionnement correspondant.

En cas de mesures par UQ : les quantités massiques des intrants issues du fichier formulation sont préalablement converties en nombre d'UQ correspondant.

Gâchée de contrôle

La gâchée de contrôle permet de mesurer la masse volumique à l'état frais et donc l'humidité réelle du mélange de terre, de valider (et ajuster si nécessaire) la quantité d'eau de gâchage et de vérifier la consistance et la conformité du mélange avant remplissage.

On réalise systématiquement une gâchée de contrôle pour la 1^{ère} gâchée de chaque journée de remplissage et à chaque réapprovisionnement de lot de terre sur le site de fabrication selon la procédure décrite au §7.2.2.

Préparation de la gâchée

On prépare chaque gâchée comme suit :

- Selon la configuration de l'équipement de réalisation du mélange, mesure massique (ou de débit pour l'intrant liquide) ou mesure par UQ de chaque intrant solide et liquide ;
- Incorporation de la terre et le cas échéant du granulat recyclé ;
- Incorporation des fibres végétales le cas échéant ;
- Incorporation du liant ;
- Incorporation de 90% du volume d'eau de gâchage ;
- Vérifications et mesures intermédiaires décrites au §7.2.2 s'il s'agit d'une gâchée de contrôle.
- Réglage de la consistance du mélange avec les 10% d'eau de gâchage restants ;
- Contrôles et prélèvements finaux décrits au §7.2.2 s'il s'agit d'une gâchée de contrôle.

Il convient de respecter un temps de malaxage entre chacune de ces étapes afin d'obtenir une homogénéité du mélange (contrôle visuel par l'opérateur ou prélèvement en cas de contrôle visuel impossible).

5.5.3 MISE EN ŒUVRE DU REMPLISSAGE

Les éléments à ossature bois préfabriqués sont positionnés horizontalement sur 3 cales en bois d'au moins 38 x 60 mm de section posées à plat perpendiculairement aux montants d'ossature.

La mise en œuvre du mélange se fait cavité par cavité dans chaque élément à ossature bois préfabriqué. Elle s'apparente à la mise en œuvre d'un béton dans des éléments coffrés. A l'issue du remplissage de l'ensemble des cavités, le mélange de terre est vibré (aiguille vibrante) puis lissé (règle de maçon).

Après remplissage du premier élément, 3 cales sont positionnées sur sa face supérieure, posées à plat perpendiculairement aux montants d'ossature à l'aplomb des cales supportant l'élément. On empile ensuite le prochain élément à remplir.

On procède ainsi de suite sans que la hauteur d'empilement totale n'excède 2,1 m, en veillant à ce que les « MOB référent max » (cf. §7.2 et §7.2.1) soient positionnés de sorte à rester accessibles pour les contrôles décrits aux §7.2.1 et 7.2.3.

Alternativement, le remplissage des éléments sur cales peut également être réalisé sans empilement à l'avancement (les éléments sont alors calés individuellement sur le sol), l'empilement étant réalisé au plus tard 3 heures après le coulage (période d'ouvrabilité du mélange avant le début de prise) et, selon les mêmes principes et limitations.

Les éléments ainsi remplis et empilés sont maintenus en position jusqu'au bon à lever (cf. §5.5.4).

5.5.4 BON A LEVER

Le bon à lever est délivré par BULBAT au plus tôt 7 jours après la réalisation du remplissage, sous réserve que la résistance à la compression à 7 jours des éprouvettes se situe dans l'intervalle $R_{c,qualif} \pm 10\%$ où $R_{c,qualif}$ est à la valeur de résistance à la compression à 7 jours évaluée lors de la qualification de la formulation.

Le bon à lever autorise la manutention des éléments préfabriqués pour leur déplacement vers une autre zone en vue, selon les cas, de poursuivre le séchage et/ou de procéder à la finition des éléments et/ou d'être stockés en attendant la livraison sur site, voire d'être chargés pour livraison sur site.

Le bon à lever n'est pas requis pour le déplacement des éléments fraîchement remplis durant la période d'ouvrabilité de 3 heures décrite au §5.5.3.

5.6 Séchage – Bon à fermer / Bon pour mise en oeuvre

Dispositions générales

La poursuite des travaux sur les éléments préfabriqués ayant reçu un remplissage à base de terre est impérativement subordonnée au suivi du séchage et au bon à fermer / bon pour mise en oeuvre desdits éléments délivré dans les conditions décrites ci-après. Ceci concerne aussi bien :

- La mise en oeuvre le cas échéant de l'éventuel 2^{ème} voile de contreventement ;
- La mise en oeuvre du pare-pluie ou de toute autre protection provisoire ;
- La livraison sur chantier.

On entend dans ce qui suit par « fin du séchage » la délivrance du bon à fermer / bon pour mise en oeuvre et par « durée de séchage » la durée entre la réalisation du remplissage et la délivrance du bon à fermer / bon pour mise en oeuvre.

Les vérifications sont réalisées par BULBAT (en charge de la mise en oeuvre du remplissage hors site) avec l'appui de l'Entreprise de construction bois pour tous les contrôles en lien avec les éléments bois.

Bon à fermer / Bon pour mise en oeuvre

Le bon à fermer ou Bon pour mise en oeuvre est sous la responsabilité de BULBAT.

L'Entreprise de construction bois réalise les mesures d'humidité de l'ossature bois et du voile de contreventement décrites ci-après et les transmet à BULBAT.

Il convient de prévoir une campagne de mesures d'humidité de l'ossature bois et du voile de contreventement chaque jour de réalisation du remplissage, puis tous les 3 jours à compter de cette date et pendant la durée de séchage.

BULBAT est en charge des autres mesures, prélèvements et points de contrôle décrits ci-après et délivre le bon à fermer / bon pour mise en oeuvre dans les conditions cumulatives suivantes :

- Le bon à lever décrit au §5.5.4 a été préalablement délivré,
- L'humidité des bois d'ossature et du voile de contreventement (vérifiée selon le protocole décrit au §7.2.1) ne doit pas excéder 18%,
- Le délai de séchage du voile de contreventement (période d'humidité supérieure à 18%) n'a pas excédé 4 semaines,
- L'humidité du remplissage en terre (mesurée selon le protocole décrit au §7.2.3) ne doit pas excéder 20%.

Si les trois conditions ne sont pas remplies, la période de séchage doit être prolongée. La mise en oeuvre de dispositifs permettant d'accélérer le séchage de manière assistée est permise.

Durée de séchage

De manière générale, il convient de prévoir et respecter un délai de séchage minimal de 7 jours.

Ce délai peut s'avérer être supérieur à 7 jours si les trois critères de délivrance du bon à fermer n'ont pas été satisfaits, indépendamment des conditions de séchage (naturel).

5.7 Stockage et manutention

5.7.1 STOCKAGE HORS SITE

Lors du remplissage, les éléments sont empilés à plat, séparés du sol ou des éléments adjacents par 3 cales posées à plat perpendiculairement aux montants d'ossature, chaque cale étant à l'aplomb des cales des éléments inférieurs. La hauteur d'empilement totale n'excède pas 2,1 m.

Les éléments ainsi empilés sont maintenus en position jusqu'au bon à lever (cf. §5.5.4).

Une fois le bon à lever délivré, les éléments sont stockés à l'abri, à l'horizontale (selon le même principe décrit ci-avant).

Dans le cas où le bon à fermer / bon pour mise en œuvre n'a pas été délivré en même temps que le bon à lever, on veille à ce que les « MOB référent max » (cf. §7.2 et §7.2.1) soient positionnés de sorte à rester accessible pour les contrôles décrits aux §7.2.1 et 7.2.3.

Le stockage à l'abri, à la verticale (sur des supports inclinés à env. 83° ou à 90° avec un dispositif de stabilisation adéquat) est admis une fois le bon à fermer / bon pour mise en œuvre délivré.

5.7.2 STOCKAGE SUR SITE

Dans le cas général, l'ordonnancement du chantier doit permettre la mise en œuvre des éléments sur chantier le jour de leur livraison, à l'avancement.

Lorsqu'un stockage sur site s'avère nécessaire, les éléments sont stockés sur un sol plan et globalement de niveau, sur des cales permettant d'éviter tout contact avec le sol et de limiter les projections d'eau. Ils sont stabilisés par tout moyen adéquat et bâchés.

Avant mise en œuvre d'éléments stockés sur site plus de 4 jours, il convient de vérifier que l'humidité des bois d'ossature (vérifiée selon le protocole décrit au §7.2.1) de chaque élément individuel n'excède pas 18%.

5.7.3 MANUTENTION

La manutention des éléments de mur à ossature bois non remplis est réalisée conformément aux dispositions usuelles de la construction bois.

Chaque élément préfabriqué et rempli comprend une étiquette qui indique son poids total nominal sur la base d'un mélange de terre à 20% de teneur en eau initiale.

Les éléments préfabriqués sont pourvus de réservations en pied de mur permettant le passage et le retrait des élingues (Figure 3 et Figure 4).

La manutention des éléments préfabriqués à la verticale est réalisée exclusivement au moyen d'élingues et d'un dispositif de retournement et de levage.

La manutention des éléments préfabriqués à l'horizontale peut être réalisée au moyen d'un chariot élévateur.

Jusqu'à la mise en œuvre sur site, l'Entreprise de construction bois veille à la compatibilité :

- Des équipements de levage et de transport avec le poids du ou des éléments préfabriqués à lever ;
- Des zones de stockage (planéité, propreté, portance) des éléments préfabriqués avec leur poids ;
- Des accessoires permettant la pose et la stabilisation provisoire des éléments préfabriqués dans l'ouvrage (étais, ...).

Le détail des modes opératoire de manutention, de transport et les dispositions de levage des éléments préfabriqués est décrit dans le PAQ.

5.8 Gestion de l'humidité en phase chantier

Outre le respect des dispositions de protection des éléments lors du stockage sur site, il convient de prendre les dispositions visant à limiter les reprises d'humidité en phase chantier des éléments installés.

Les recommandations du guide « Construction bois et gestion de l'humidité en phase chantier » (Ingeneco Technologies, CODIFAB) sont applicables au procédé TERLIAN MUR PREFAB BOIS.

5.9 Mise en œuvre des autres parties d'ouvrage

5.9.1 REVETEMENT EXTERIEUR

La présence du remplissage à base de terre ne modifie pas les dispositions de mise en œuvre sur COB des revêtements extérieurs listés au §3.3, qui est réalisée conformément à leurs référentiels respectifs.

5.9.2 PARE-VAPEUR

En partie courante, la paroi est réalisée sans membrane pare-vapeur.

Pour le traitement des points singuliers et des jonctions aux autres parties de l'ouvrage (cf. 4.7.2), des pièces de membrane pare-vapeur conforme aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2 dont la valeur $S_d \geq 90$ m ainsi qu'un adhésif compatible et conforme au NF DTU 31.2 P1-2 sont utilisés. Leur mise en œuvre est réalisée conformément aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-1.

5.9.3 CONTRE-CLOISON

La présence du remplissage à base de terre ne modifie pas les dispositions de mise en œuvre sur COB de la contre-cloison non isolée décrite au §3.2.4, qui est réalisée conformément au NF DTU 25.41.

Les fixations de l'ossature (bois ou métallique) de la contre-cloison dans le remplissage à base de terre ne sont pas admises.

6 ASSISTANCE TECHNIQUE

Outre la qualification et le suivi des ISDI, POINT P, par l'intermédiaire de BULBAT, accompagne les projets visant à l'utilisation du procédé TERLIAN MUR PREFE BOIS et fournit une assistance technique dans les conditions suivantes.

Concepteurs

BULBAT fournit une assistance dès la phase de conception aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et concepteurs souhaitant mettre en œuvre le procédé.

Caractérisation de la formulation

BULBAT caractérise et valide la formulation du mélange de terre tel que décrit au §7.1.

Fabrication & Montage

BULBAT, en coordination avec l'Entreprise de construction bois :

- Définit et gère l'approvisionnement des matières premières requises pour la préparation du mélange, l'organisation, la préparation et la mise en œuvre du mélange.
- Réalise les contrôles qualité et essais associés à la production du mélange (masse volumique, quantité d'eau ajoutée, consistance).
- Assiste l'Entreprise de construction bois dans la réalisation des contrôles qualité concernant l'humidité de l'ossature bois avant et après remplissage.
- Réalise les contrôles, essais et mesures d'humidité du mélange de terre nécessaires à la délivrance du bon à lever et du bon à fermer / bon pour mise en œuvre, et délivre ces derniers.
- Assiste l'Entreprise de construction bois dans la vérification de la compatibilité de la conception des murs avec le mode de levage par élingues et les divers modes opératoires de manutention et de stockage des éléments préfabriqués.

Suivi durant la période d'expérimentation

Durant la période d'expérimentation, BULBAT :

- Assurera l'accompagnement technique des acteurs de chaque projet d'expérimentation (Maitre d'ouvrage, Maitrise d'œuvre, Entreprise de construction bois).
- Veillera à la prise en compte des dispositions de conception, de fabrication, de mise en œuvre et de contrôle en cours de fabrication et de mise en œuvre du présent dossier.
- Enregistrera dans la base de données INVEN'TERRE dans un document synthèse l'ensemble des fiches de contrôles et de collecte de données établies lors des phase de fabrication.

7 CONTROLES

L'ensemble des contrôles, documents de préqualification, documents de suivi est enregistré dans une base documentaire centralisée INVEN'TERRE établie à cet effet par BULBAT, pour une conservation pendant 10 ans.

Le procédé fait en outre l'objet d'un suivi par le CSTB.

7.1 Contrôles avant livraison de la terre sur site de fabrication

7.1.1 VALIDATION DU SITE D'EXCAVATION

BULBAT réalise un audit de préqualification de tout ISDI ou gisement local de terre envisagés pour la livraison de lots de terre destinés au procédé TERLIAN MUR PREFE BOIS, selon la procédure décrite dans le PAQ Site afin de vérifier la satisfaction au cahier des charges spécifique BULBAT.

Le site est ensuite audité annuellement par BULBAT.

7.1.2 VALIDATION INITIALE D'UN LOT DE TERRE POUR SON APPLICATION

BULBAT procède à la validation initiale de chaque lot de terre destiné au procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS, selon la procédure décrite dans le PAQ Lot de terre, afin de vérifier son aptitude à atteindre les caractéristiques listées au §3.1.5 et de définir les caractéristiques à suivre par l'ISDI ou l'organisation en charge de l'extraction dans le cadre de son propre PAQ.

L'ISDI ou l'organisation en charge de l'extraction réalise un suivi des caractéristiques convenues, audité par BULBAT lors des audits de site.

7.1.3 PROCEDURE DE PRELEVEMENT ET STOCKAGE DES EPROUVETTES POUR ESSAIS DE COMPRESSION

Le prélèvement du mélange en éprouvettes 11/22 est réalisé hors site, en sortie du malaxeur, selon la procédure décrite au PAQ.

Les éprouvettes sont stockées non démoulées, couvertes et à l'abri en attendant leur envoi à un laboratoire externe.

L'expédition des éprouvettes est organisée pour s'assurer d'un départ après au moins 24 h de stockage et d'une arrivée au laboratoire au plus tard le 6^{ème} jour.

7.1.4 PROCEDURE DE VALIDATION INITIALE D'UN LIANT OU DE GRANULATS DE BOIS

BULBAT procède à la validation initiale d'un liant ou de granulats de bois destinés au procédé TERLIAN MUR PREFABOIS selon la procédure interne correspondante, afin de vérifier leur aptitude à atteindre les caractéristiques principales listées au §3.1.5 et de définir les fiches formulation correspondantes.

Cette validation est réalisée sous le contrôle d'un organisme tiers, qui s'assurera du respect de la procédure et de la conformité des valeurs obtenues pour les caractéristiques cibles.

7.2 Contrôles sur site de fabrication

Outre les vérifications préalables des intrants décrites au §5.4.2, les contrôles et mesures réalisées sur site sont décrits ci-après.

Dans ce qui suit, on entend par :

- « panneau » de remplissage la zone comprise entre deux montants d'ossature ;
- « MOB » un élément préfabriqué d'ossature bois ;
- « série de MOB » l'ensemble des éléments MOB prévus pour être remplis au cours d'une même journée ;
- « MOB référent max » l'élément MOB d'une série de MOB pour lequel la valeur moyenne des mesures d'humidité est la plus élevée dans ladite série.

7.2.1 CONTROLE DE L'HUMIDITE DE L'OSSATURE BOIS ET DU VOILE DE CONTREVENTEMENT

Le contrôle de l'humidité des bois d'ossature et du voile de contreventement est réalisé avant mise en œuvre du remplissage à base de terre (vérification préalable à la mise en œuvre du remplissage – cf. §5.4.1) et pour le suivi du séchage et la délivrance du bon à fermer (cf. §5.6) au moyen d'un humidimètre à pointes selon les dispositions du guide « Construction Bois et gestion de l'humidité en phase chantier » (avril 2020) édité par le CODIFAB pour l'ossature, et à une profondeur de 0,3 fois l'épaisseur du panneau et 300 mm du bord pour le voile de contreventement.

- Après préfabrication de l'ossature et avant mise en œuvre du remplissage, le contrôle est effectué pour chaque MOB à raison de :
 - une mesure à mi-hauteur d'un montant d'extrémité et tous les 3 montants intermédiaires (au minimum 2 mesures en tout par MOB) ;
 - une mesure à mi-épaisseur de la traverse basse par MOB ;
 - trois mesures réparties régulièrement sur un panneau de contreventement du MOB.
- On détermine et on enregistre le MOB d'une série de MOB pour lequel la valeur moyenne des mesures d'humidité est la plus élevée de la série : c'est le « MOB référent max ».
- Pour le suivi du séchage et la délivrance du bon à fermer, le contrôle est effectué sur le seul MOB référent max, selon les mêmes points de mesure que pour le contrôle après préfabrication.

De manière générale, l'humidité obtenue pour chaque mesure individuelle ne doit pas excéder 18%.

Si une mesure d'un MOB référent max excède 18%, la durée de séchage de toute la série doit être prolongée.

Si la durée de séchage (période où l'humidité excède 18%) d'un voile de contreventement excède 4 semaines, la série de MOB doit être vérifiée et les panneaux excédant 18% après 4 semaines doivent être remplacés.

Lorsque toutes les mesures du MOB référent max sont $\leq 18\%$, et que le contrôle de l'humidité du remplissage en terre (cf. §7.2.3) est également satisfaisant, le bon à fermer / bon pour mise en œuvre peut être délivré pour l'ensemble des MOB de la série.

7.2.2 GACHÉES DE CONTRÔLE

On réalise systématiquement une gâchée de contrôle pour la 1^{ère} gâchée de chaque journée de remplissage et à chaque réapprovisionnement de lot de terre sur le site de fabrication selon la procédure décrite au PAQ fabrication.

Le protocole de conservation des éprouvettes destinées aux essais de résistance à la compression ainsi que la réalisation de ces essais sont décrits au §7.1.3.

7.2.3 CONTRÔLE DE L'HUMIDITÉ DU REMPLISSAGE EN TERRE

Le contrôle de l'humidité du remplissage en terre durci est réalisé pour le suivi du séchage et la délivrance du bon à fermer (cf. §5.6) :

- Au moyen d'une bombe à carbure (telle que celle décrite à l'Annexe B du NF DTU 53.12 P1-1-1) : la teneur en eau du prélèvement de 10g est obtenue à partir de la pression mesurée et du tableau de conversion du PAQ Chantier (résultat d'une étude de calibration).
- Pour le seul MOB référent max, à raison d'un prélèvement à mi-hauteur de mur tous les 4 panneaux de remplissage (au minimum 1 mesure par pan de mur).

De manière générale, l'humidité obtenue pour chaque mesure individuelle ne doit pas excéder 20%.

Si une mesure d'un MOB référent max excède 20%, la durée de séchage de toute la série doit être prolongée.

Lorsque la mesure du MOB référent max est $\leq 20\%$, que le contrôle de l'humidité de l'ossature bois (cf. §7.2.1) et que la prise du mélange avec le respect du critère de résistance mécanique à 7 jours obtenu avec les essais d'éprouvette sont également satisfaisants, le bon à fermer / bon pour mise en œuvre peut être délivré pour l'ensemble des MOB de la série.

8 REPARATION

En cas d'endommagement d'un voile travaillant (fuite d'eau, infiltrations, ...) nécessitant son remplacement, il est possible de procéder à ce remplacement comme suit.

- Dépose du revêtement (côté du voile à remplacer) et retrait de l'isolant le cas échéant.
- Dépose progressive et soignée du panneau endommagé en veillant à ne pas endommager l'ossature, les panneaux adjacents et leurs fixations.
- Si la pose du panneau de remplacement n'est pas immédiatement possible, mise en œuvre d'entretoises et/ou de profils de contreventement provisoire (en K ou X).
- Mise en œuvre du panneau de remplacement de manière identique à sa mise en œuvre en construction neuve.
- Réfection du revêtement :
 - Côté intérieur : conformément aux dispositions du NF DTU 25.41 pour la contre-cloison non isolée ;
 - Côté extérieur : conformément aux dispositions de l'AT ou du DTA de l'ETICS et du §6.2 du Cahier du CSTB 3035 _V3.

9 MENTION DES JUSTIFICATIFS

Le procédé TERLIAN MUR PREFA BOIS a fait l'objet de plusieurs études expérimentales, complétées de rapports d'interprétation. On mentionne ci-après les éléments principaux.

- Rapport d'essais (caractéristiques du mélange) :
 - Résistance à la compression : nombreux rapports CERIB et internes et mesures lors des campagnes d'essais ci-après
 - Conductivité thermique : RE 2023-02 (Lasie)
 - Chaleur massique : RE 2023-03 (Lasie)
 - Sorption/désorption : RE 2023-04 (Lasie)
 - Perméabilité à la vapeur d'eau : RE 2023-05 (Lasie)
 - Propriétés physiques, mécaniques et variation dimensionnelle :
RE-043634-A (Cerib) ; RE-041383-A (Cerib) ; 043656 – A (Cerib) ; 042703- A (Cerib) ; DSSF-14977-C (CSTB)
- Rapports d'essais (comportement mécanique) :
 - Essais de contreventement statique : EEM 21-08938 (CSTB)
 - Essais de contreventement et durabilité statique et quasi-statiques : EEM 22-132922 (CSTB)
 - Chocs intérieurs de sécurité : DSSF-22-14977-A, -B et -D (CSTB)
- Rapports d'essais (durabilité)
 - Suivi de l'humidité (séchage) après mise en œuvre : 2023-285-1206 et 23-0014-1-1 (FCBA)
- Sécurité incendie :
 - Appréciation de laboratoire – résistance au feu : EFR-23-002663 (Efectis)
- Etudes de transfert hygrothermique :
 - Etude des différentes configurations, climats, et analyse de sensibilité : (B6/WIGWAM – 20/01/2023)
 - Etude complémentaire et étude de points singuliers (Wigwam – 14/04/2023)
 - Etude complémentaire variantes panneaux contreventement, ETICS Liege & Laine de Bois, variation Cp (Wigwam – 02/10/2023)

DOSSIER GRAPHIQUE

Figure 1 : Principe de paroi utilisant le procédé TERLIAN MUR PREFABRIQUE BOIS	4
Figure 2 : Principe de pose de la lisse d'implantation et de l'élément préfabriqué avec procédé TERLIAN MUR PREFABRIQUE BOIS	24
Figure 3 : Principe levage avec élingues passant dans les réservations.....	25
Figure 4 : Détails de principe des réservations des traverse basse et lisse d'implantation pour passage des élingues.....	25
Figure 5 : Exemple d'ancrages et de liaisons entre éléments préfabriqués et dalle, chaînage ou refend – CVT 1 face	26
Figure 6 : Exemple d'ancrages et de liaisons entre éléments préfabriqués et dalle, chaînage ou refend – CVT 2 faces.....	27
Figure 7 : Coupe de principe d'ancrage (traction) des éléments préfabriqués à la dalle	28
Figure 8 : Coupes de principe liaison plancher bois / Mur ossature bois et continuité des tirants – CVT 1 face (extérieur).....	28
Figure 9 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des jonctions entre éléments préfabriqués.....	29
Figure 10 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des jonctions avec d'autres éléments structuraux bois	29
Figure 11 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des jonctions avec ouvrages béton ou maçonnerie.....	30
Figure 12 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des jonctions avec un plafond sous comble non chauffé	30
Figure 13 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des chevêtres de menuiseries extérieures en tableau	31
Figure 14 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des chevêtres de menuiseries extérieures en appui.....	31
Figure 15 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des chevêtres de menuiseries extérieures en linteau	31
Figure 16 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des traversées de paroi	32

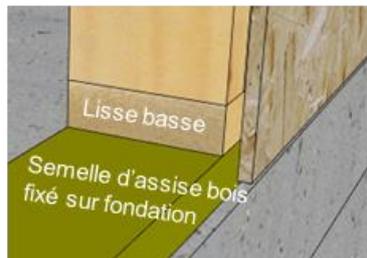
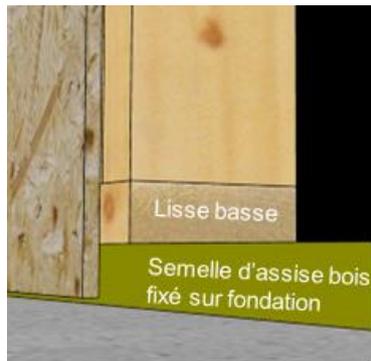
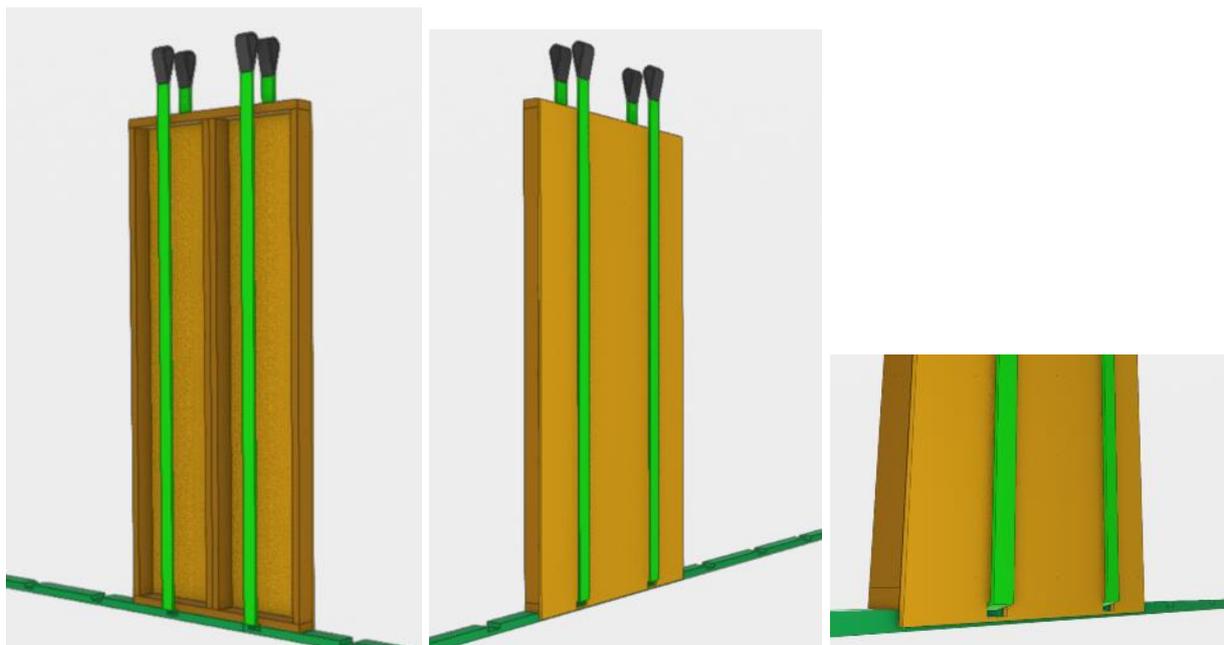


Figure 2 : Principe de pose de la lisse d'implantation et de l'élément préfabriqué avec procédé TERLIAN MUR PREFABRIQUE BOIS



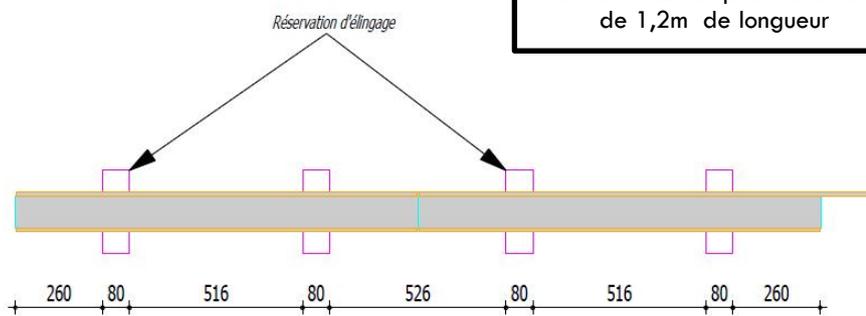
(ici avec panneau de CVT 1 face)

Figure 3 : Principe levage avec élingues passant dans les réservations

COUPE HORIZONTALE

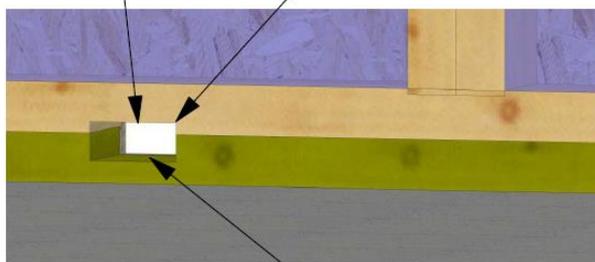
COUPE VERTICALE

Ci- dessous exemple de cotation des réservations pour un module de 1,2m de longueur



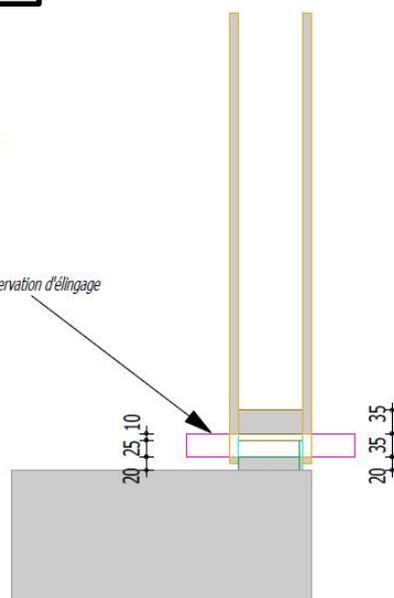
Section Entaille 35mm*80mm

Entaille dans la lisse basse 10mm



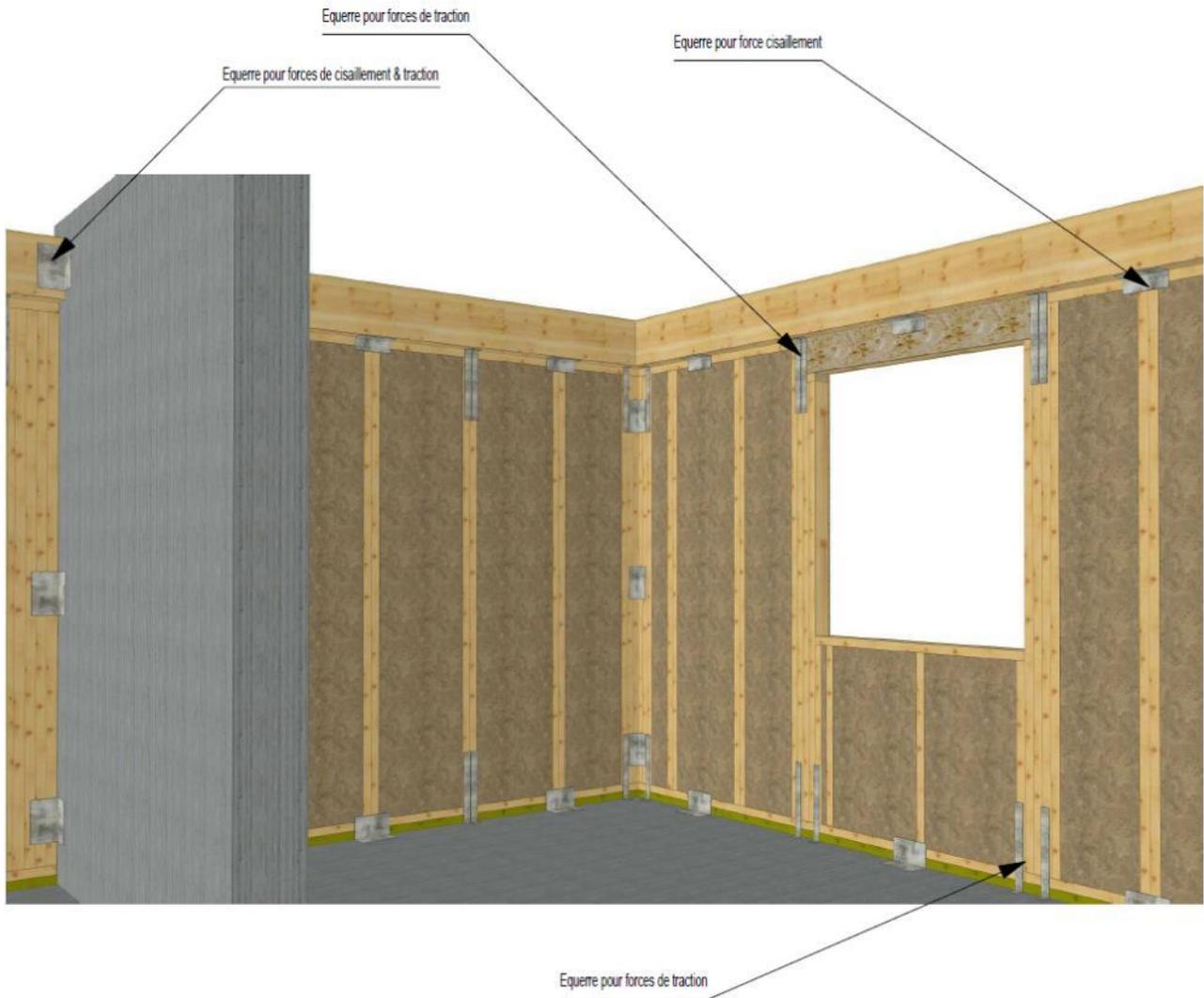
Entaille dans la lisse primaire de 25 mm

Réservation d'élingage



(ici avec panneau de CVT 2 faces)

Figure 4 : Détails de principe des réservations des traverse basse et lisse d'implantation pour passage des élingues



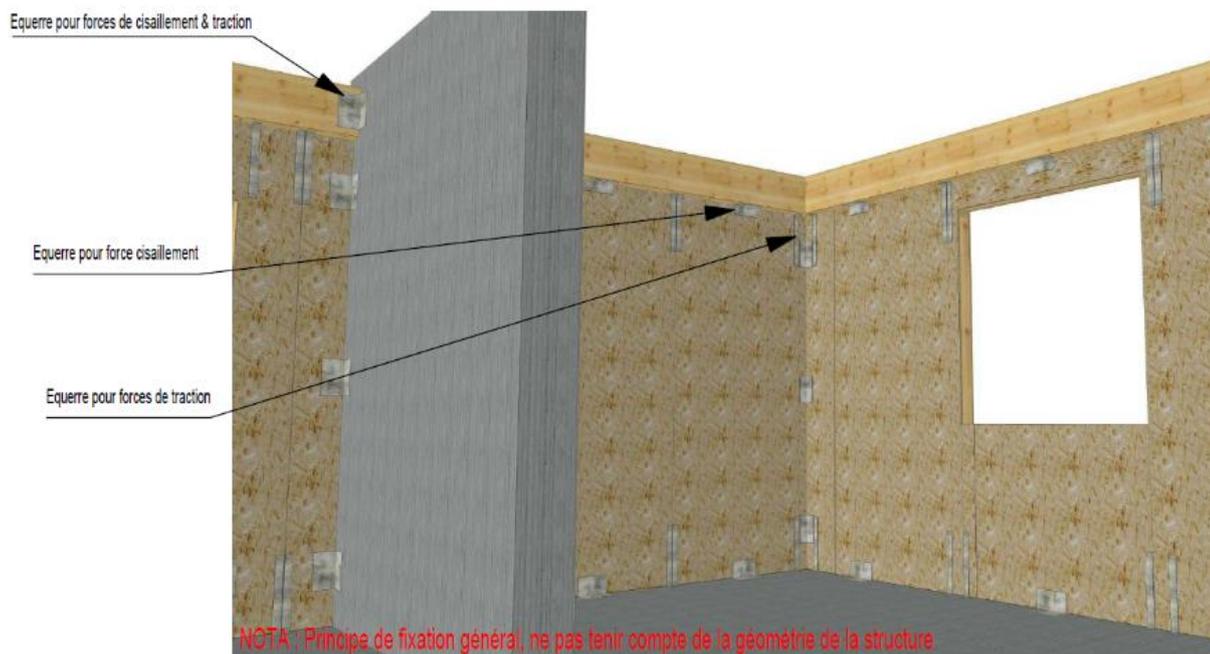
Fixation MOB sur maçonnerie :

- 2 Equerres pour force de traction + chevilles mécaniques $\varnothing 12 \times 100$ + Pointes 4*60, pour chaque raccord de MOB + 1 à 2 équerres au droit des ouvertures
- 3 Equerres pour force de cisaillement + Pointes $\varnothing 4 \times 60$, pour chaque angle MOB sur MOB
- 1 Equerre pour force de cisaillement + Chevilles mécaniques $\varnothing 12 \times 100$ + Pointes $\varnothing 4 \times 60$, pour chaque pied de MOB + 3 équerres pour chaque angle MOB sur maçonnerie

Fixation chaînages 200*280 sur MOB :

- 2 Equerres pour force de traction + Tire-fonds $\varnothing 12 \times 80$ + Pointes $\varnothing 4 \times 60$, pour chaque raccord de MOB + 1 à 2 équerres au droit des ouvertures
- 1 Equerre pour force de cisaillement + Pointes $\varnothing 4 \times 60$, pour chaque tête de MOB
- 1 Equerre pour force de traction et cisaillement + Chevilles mécaniques $\varnothing 12 \times 100$ + Pointes $\varnothing 4 \times 60$, pour chaînage sur maçonnerie

Figure 5 : Exemple d'ancrages et de liaisons entre éléments préfabriqués et dalle, chaînage ou refend – CVT 1 face



Fixation chaînages 200*280 sur MOB :

- 2 Equerres pour force de traction + Tire-fonds $\phi 12 \times 80$ + Pointes $\phi 4 \times 60$, pour chaque raccord de MOB + 1 à 2 équerres au droit des ouvertures
- 1 Equerre pour force de cisaillement + Pointes $\phi 4 \times 60$, pour chaque tête de MOB
- 1 Equerre pour force de traction et cisaillement + Chevilles mécaniques $\phi 12 \times 100$ + Pointes $\phi 4 \times 60$, pour chaînage sur maçonnerie

Fixation MOB sur maçonnerie :

- 2 Equerres pour force de traction + chevilles mécaniques $\phi 12 \times 100$ + Pointes $\phi 4 \times 60$, pour chaque raccord de MOB + 1 à 2 équerres au droit des ouvertures
- 3 Equerres pour force de cisaillement + Pointes $\phi 4 \times 60$, pour chaque angle MOB sur MOB
- 1 Equerre pour force de cisaillement + Chevilles mécaniques $\phi 12 \times 100$ + Pointes $\phi 4 \times 60$, pour chaque pied de MOB + 3 équerres pour chaque angle MOB sur maçonnerie

Figure 6 : Exemple d'ancrages et de liaisons entre éléments préfabriqués et dalle, chaînage ou refend – CVT 2 faces

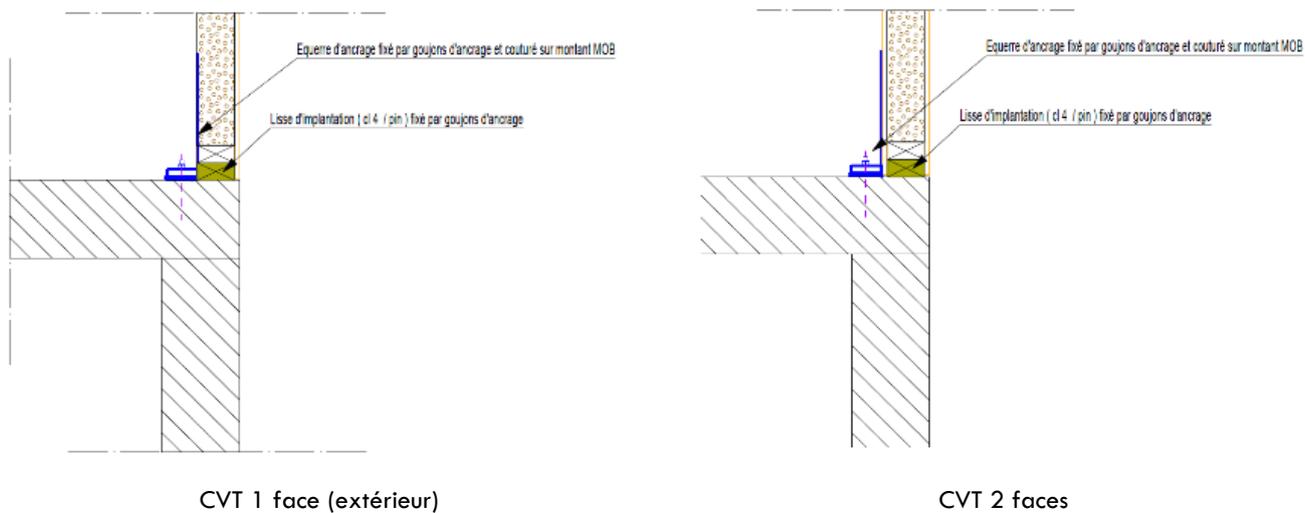


Figure 7 : Coupe de principe d'ancrage (traction) des éléments préfabriqués à la dalle

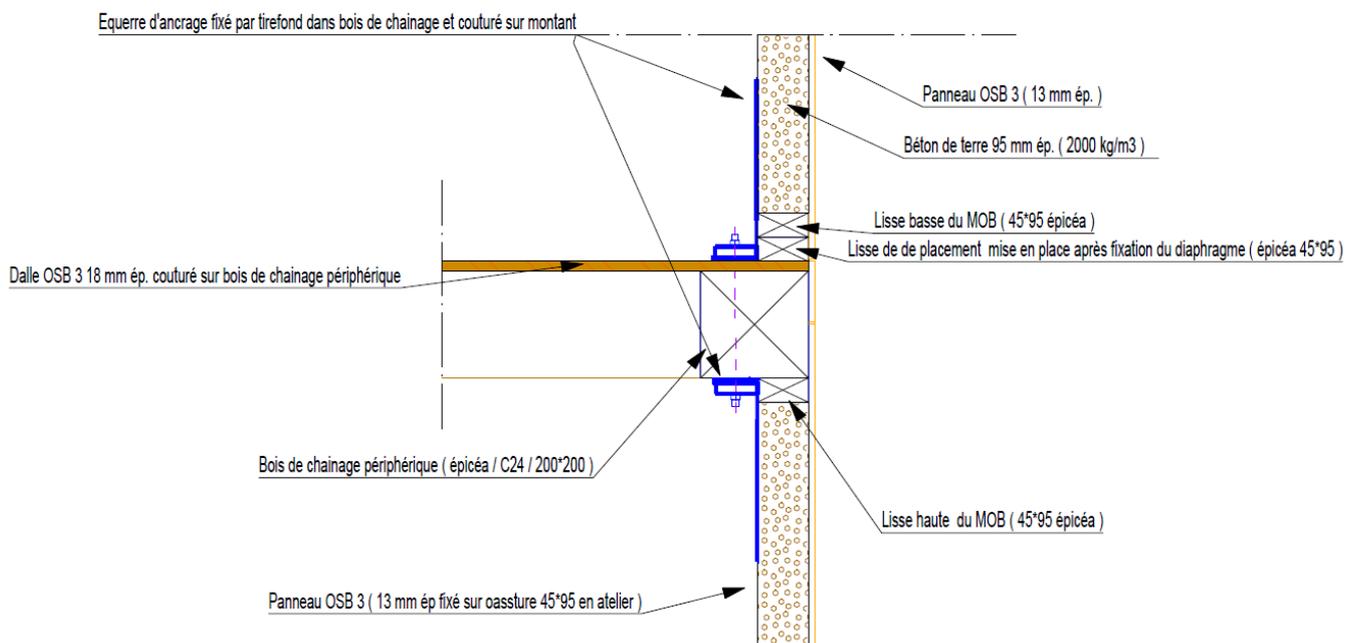


Figure 8 : Coupes de principe liaison plancher bois / Mur ossature bois et continuité des tirants – CVT 1 face (extérieur)

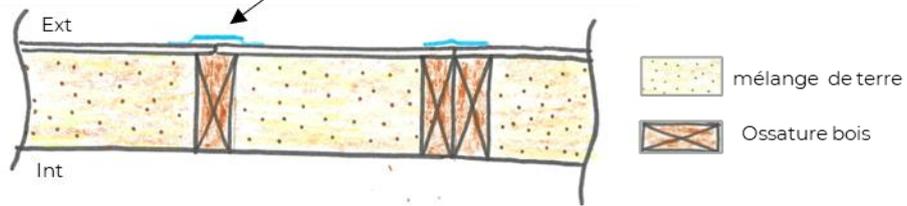


Figure 9 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des jonctions entre éléments préfabriqués

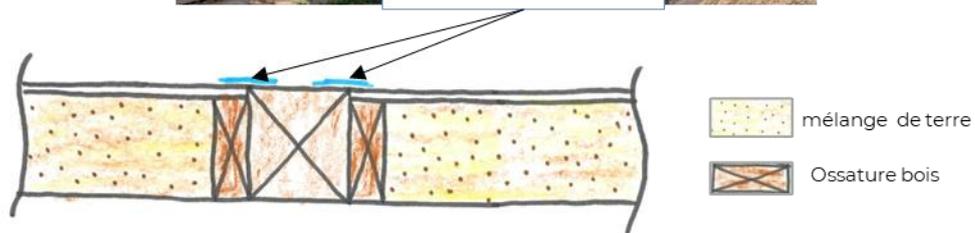
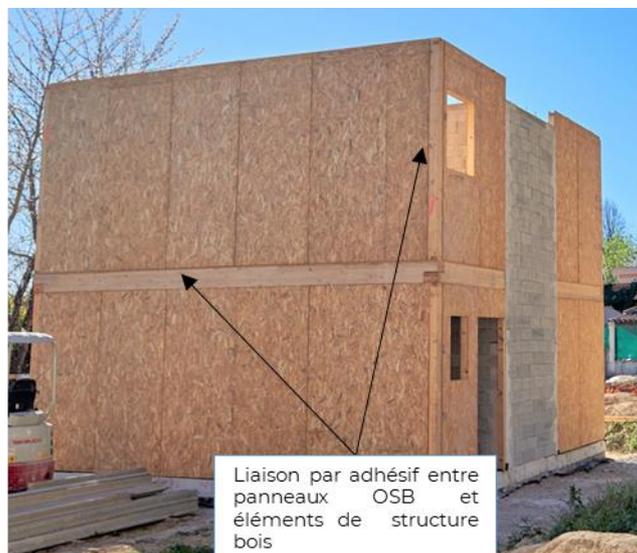


Figure 10 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des jonctions avec d'autres éléments structuraux bois

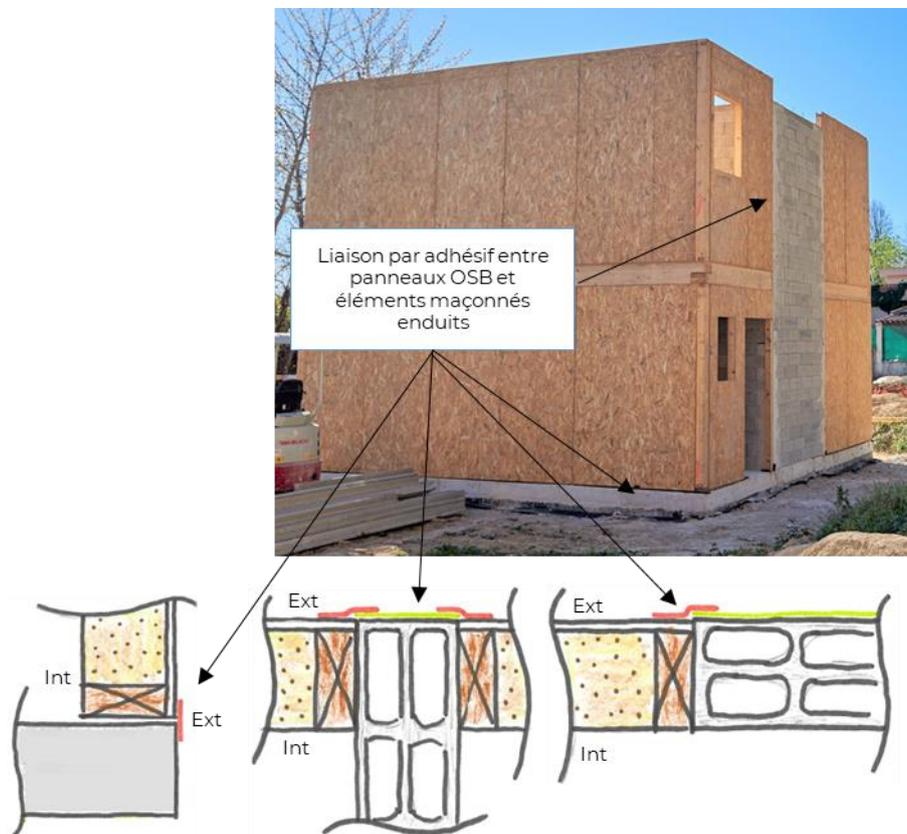


Figure 11 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des jonctions avec ouvrages béton ou maçonnerie

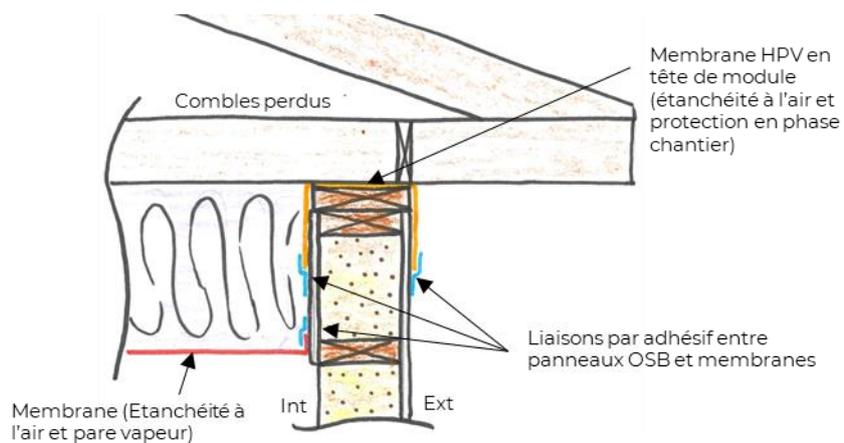


Figure 12 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des jonctions avec un plafond sous comble non chauffé

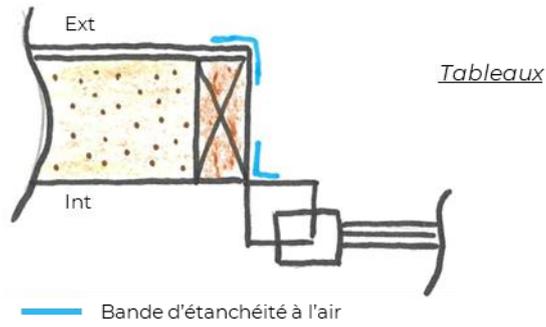


Figure 13 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des chevêtres de menuiseries extérieures en tableau

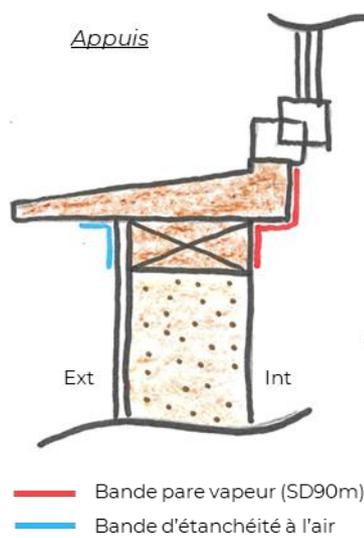
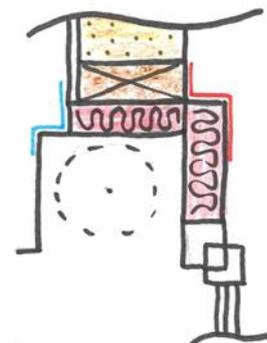


Figure 14 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des chevêtres de menuiseries extérieures en appui



*Linteaux
avec VR*

- Bande pare vapeur (SD90m)
- Bande d'étanchéité à l'air

(ici avec caisson de volet roulant)

Figure 15 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des chevêtres de menuiseries extérieures en linteau

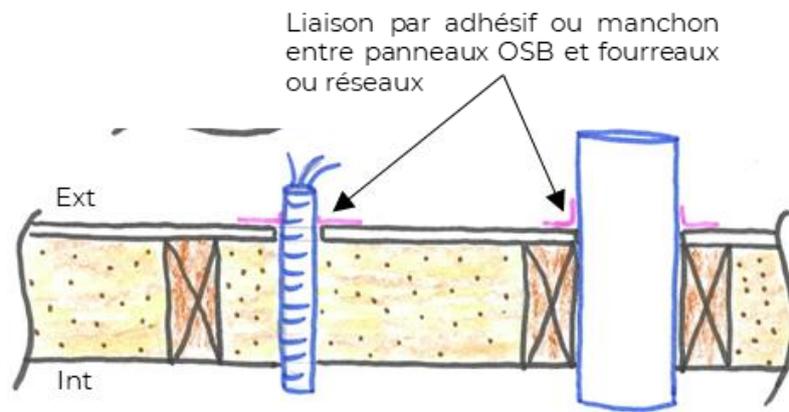


Figure 16 : Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau – Principe de traitement des traversées de paroi